

Federal Republic of Germany
German Patent Office

Int. Class: **G 02 B 5/30**
G 02 F 1/1335
B 60 J 3/06
G 09 F 9/35
//G03B 21/132,
C09K 19/02,
F21M 3/26

GERMAN (OS) 41 21 861 A1

(Provisional Publication)

Serial No.: **P 41 21 861.2**
Filing Date: **July 2, 1991**
Laid-Open Date: **Jan. 16, 1992**
Priority: **July 6, 1990 JP 2-178674**
March 7, 1991 JP 3-41664

Applicant: **HITACHI, Ltd., Tokyo, JP .**

Inventors: Kondo, Katsumi, Katsuta, Ibaraki, JP;
Hirakata, Junichi;
Ito, Osamu, Hitachi, Ibaraki, JP;
Kitamura, Teruo, Katsuta, Ibaraki, JP;
Ohara, Shuichi, Hitachi, Ibaraki, JP;
Kikuchi, Naoki, Mobara, Chibia, JP
Shimura, Masato, Hitachi, Ibaraki, JP.

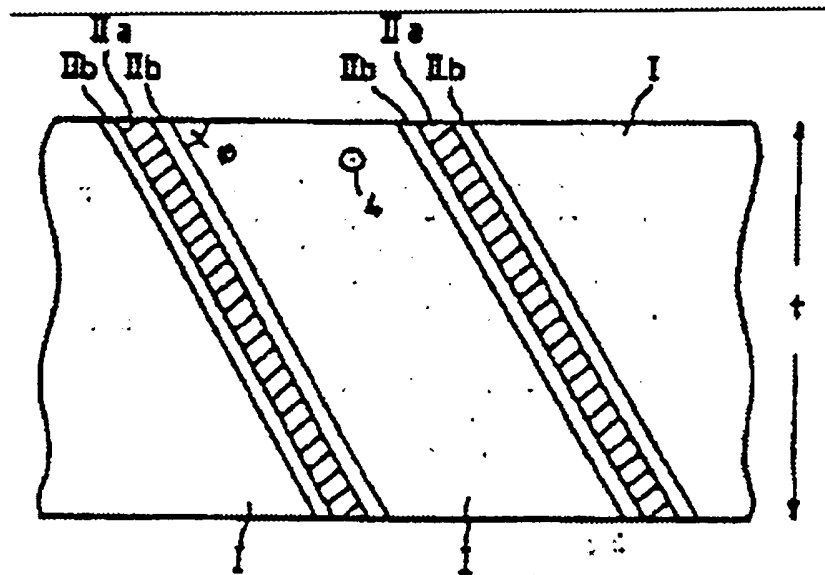
Representative: P. Strehl et al , Patent Attorneys, 8000 Munich, DE

Title: **A Polarizer with only a minor Absorption and a**
Process for its Preparation, as well as a Light-Source
and a Display Device containing this Polarizer

Abstract

The polarizer according to the invention contains media (I, II) having a different index of refraction. Thereby, the portion of the ordinary light in the incident light-beam will be totally reflected at the interface between the laminated media (I) and (II), while the portion of the extraordinary light will be passed through the medium (II). The medium (II) is arranged at an angle of about 45° relative to the optical axis, and its thickness is selected in such a way, that it will serve as a half-wavelength plate for the transmitted light. Thereby, a polarizer with a high transmittance is obtained due to the reduced absorption, capable of transmitting almost the entire incident light as a polarized light, which is polarized in the same direction.

This polarizer is suited for a bright LCD-device with a large display area.



DESCRIPTION

The present invention deals with a polarizer with a high brightness, as well as with a process of preparation and with applications of this polarizer in a display device and with a polarized light-source.

In a known LCD (= liquid-crystal display) device, a polarization plate with a dichroic light absorption (dichroic polarizers) has been used as a light-polarization element. Thereby, the polarized light is obtained by transmitting only one of the two light-beams polarized in a right angle to each other, while the other light-beam will be absorbed. A non-polarized light reaching the polarization plate from the outside and to be transmitted through the plate, may be split into these two direction of polarization. Since one polarized component will be absorbed in the aforementioned process, more than one-half of the light will be lost. Therefore, the relevant light transmission of the presently generally used polarization plates, is about 40%. The polarization plate is evidently the "bottle neck" in regard to the limited brightness of optical display devices, where a high brightness and light intensity is the desired effect.

For obtaining a display device with a high contrast by increasing the polarization grade (increase of the polarization effect) of the dichroic polarization plate, it is necessary to increase the absorbed portion of the light, whereby the light transmission of polarization plates as presently used in the usual devices for displaying images with a high contrast, will be still further reduced. This tendency to a further reduction is particularly obvious in the case of colored display devices. For increasing the color-saturation grade, it has become mandatory to use a polarization plate with a low light transmittance.

In JP A-61-221728 (1968), an attempt has been described for reducing the losses of light as occurring at reflections, according to which the number of interfaces will be reduced, whereby the polarization plate is used as one of the substrates of a liquid-crystal cell.

Furthermore, in JP A-2-69715 (1990), a process has been proposed for reducing the light losses, whereby the transmitted and reflected light-beams are split by a beam-splitter into rectangularly intersecting polarized light-beams exhibiting the same directions of polarization by means of a half-wavelength plate, and whereby then, the polarized light will be emitted in a parallel direction due to a reflection at a mirror, resulting in an increased polarization grade without an increase of the light absorption.

Insofar as the dichroic polarization plate is presently used in practical applications, the light-loss of the plate may not be decreased, whereby various problems are created.

As a result of the light-loss at the polarization plate, the light-density of the display device is reduced, whereby the desired high white display is not obtainable, but only a rather grey display is formed due to the losses of light at the polarization plate, even if the display device is designed as a light-intensive and bright display monitor. At an LCD-device of the transmission type with a light-source, the problem deals with the fact, that an increase of the light-density for maintaining a sufficient bright-

ness, will increase the energy input and will generate more heat. In the case of colored display devices, which require color-filters, these problems are still further pronounced.

The process described in JP A-2-69715 (1990) requires the use of optical components, such as a beam-splitter, a reflection mirror, etc. At an enlargement of the device, it is difficult to obtain a large-area light-source. For instance, it is difficult to use this kind of a light-source for the backside illumination of an LCD-device of the size A5. This is true for the type of a device with a direct viewing and also for the reflection type of a device.

The objectives to be achieved by the invention deal with the development of a polarizer with a high optical transmittance, with a large surface area and a small thickness with a reduced dichroic light absorption, which is understood to be the main cause for the light-losses in optical components, such as an LCD-device or the like.

Furthermore, the objectives to be achieved by the invention deal also with the development of a process for preparing a polarizer.

Another objective to be achieved deals with the development of a bright LCD-device.

A fourth objective to be achieved deals with the development of a polarizer and an LCD-device with an improved brightness, but also with an unchanged contrast of the displayed image.

A fifth objective to be achieved deals with the development of a polarization light-source with a polarizer of a high optical transmittance and a large surface area, whereby a polarization plate with a low optical absorption is utilized in the polarizer unit.

Finally, it is also an objective of the invention to develop a display device with a polarization light-source of the aforementioned kind.

In regard to the polarizer, the invention is defined by the characteristic criteria of claim 1, in regard to the LCD-device, by the characteristic criteria of claim 10, in regard to the process for preparing the polarizer, by the characteristic criteria of claim 14, and in regard to the polarization light-source, by the criteria of claim 16, and in regard to the LCD-device fitted with this kind of a polarization light-source, by the criteria of claim 18. Advantageous further developments and forms of execution are the object of the dependent claims.

The following properties have been known as physical phenomena for producing a polarized light-beam from a non-polarized or only partly polarized light:

1. Birefringence;
2. dichroic light absorption;
3. reflection at a dielectric substance.

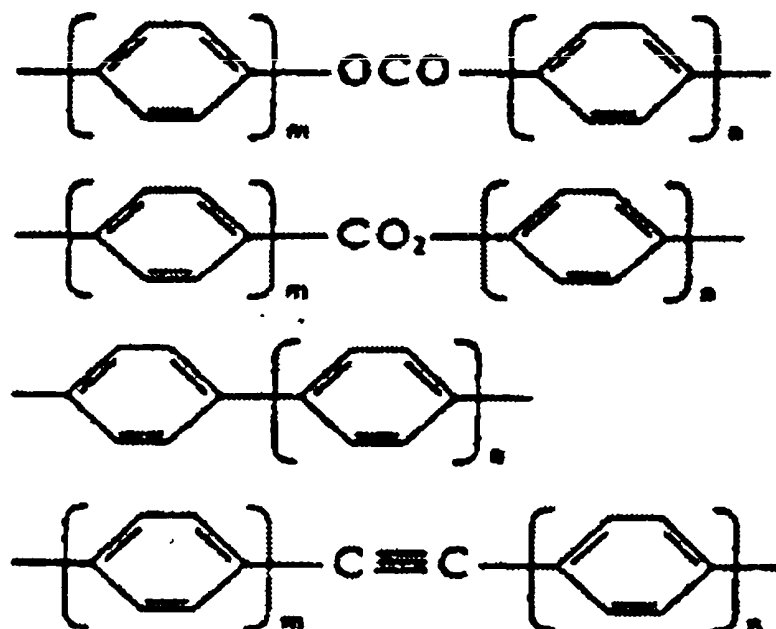
Devices for producing polarized light (i.e. polarizing elements or polarizers) based on each of the aforementioned physical phenomena, have been known.

A birefringent polarizer will permit the emission of a polarized light-beam due to the fact, that the light will be divided in an optical isomeric medium into 2 polarized light-beams. A polar-

izer with a dichroic light absorption will utilize the effect, that only one of the several polarized light beams will be absorbed. A polarizer is presently being used in almost all of the known LCD's.

The light, which is reflected at the surface of a dielectric substance, will be polarized, if the angle of incidence will take on a particular value (Brewster angle). Polarizers, which utilize the aforementioned effects, may be roughly divided into reflecting and transmitting polarizers. The polarizer according to the invention utilizes the phenomenon of the birefringence.

For the medium (I), a crystal with a high birefringence is used, such as e.g. calcite. Oriented organic polymers with a structure according to the following formulas, may also be employed (where n and m refer to integer numbers with the minimal value of 1):



In regard to the medium (II), which does not necessarily have to exhibit such a high birefringence as the medium (I), films may be used, such as films of polycarbonates, polyester, nylon and the like. However, these films have to show an optical activity. For both media (I) and (II), oriented organic high-polymer films are preferred.

A film structure with the media (I) and (II) will be obtained by laminating and combining the media with each other in an alternating manner, whereby a multilayered structure is produced as yet to be further described below. For forming the desired film structure, the layers are cut under a given angle of inclination. For forming the media (I) and (II) see the attached drawings 1 to 11.

In the following, the invention and the advantages and effects of the invention shall be further explained by describing execution examples as illustrated in the attached drawings:

- Fig. 1 illustrates a schematic cross-section through a polarizer according to the invention.
- Fig. 2 illustrates a schematic perspective view of the polarizer shown in fig. 1.
- Fig. 3a and b show cross-sections for explaining the functioning of the polarizer according to the invention.
- Fig. 4 shows a cross-section for explaining another polarizer according to the invention.
- Fig. 5 illustrates a schematic cross-section through an LCD-device according to the invention of the reflection type.
- Fig. 6 illustrates a schematic cross-section through an LCD-device according to the invention of the transmission type.
- Fig. 7 illustrates a schematic cross-section through another polarizer according to the invention.
- Fig. 8 illustrates a schematic cross-section through another LCD-device according to the invention of the reflection type.
- Fig. 9 illustrates a schematic cross-section through another LCD-device according to the invention of the transmission type.
- Fig. 10 illustrates a schematic perspective view of an LCD-device according to the invention with a driver circuit.
- Fig. 11a and b are drawings for explaining a process of preparation for preparing a polarizer according to the invention.
- Fig. 12 illustrates a schematic partial cross-section through a polarizing light-source.
- Fig. 13 illustrates a schematic perspective view of the polarizing light-source shown in fig. 12.
- Fig. 14 illustrates a schematic view of an overhead projector with a polarizing light-source according to the invention.
- Fig. 15 illustrates a schematic view of a liquid-crystal projector with a polarizing light-source according to the invention.

At first, the invention shall be further explained by referring to fig. 3. A structure consists of the media (I) and (II), which are both optically active. These media are laminated onto each other and the plane of lamination is inclined (by an angle Φ) relatively towards a surface line (AA') of the polarizer. Now, the case shall be described, where the light will reach the surface plane (AA') of the polarizer under an almost right angle.

This light will traverse the medium (I) and will reach the interface at the medium (II). If the angle of inclination (Φ) at the interface is sufficiently large and the refractive index n_{II} is sufficiently small in comparison to the refractive index n_I of the medium (I), the light will be totally re-

flected at the inclined interface, as illustrated in fig. 3a. The reflected light advances in the forward direction and will reach the interface of the medium (II'), where the light will again be totally reflected. Then, the light will traverse the surface (BB') and will be emitted.

The conditions for the total reflection is defined in this case by the following equation:

$$\Phi > \sin^{-1} (n_{II} / n_I) \quad (1)$$

At the other hand, if n_{II} is larger than n_I or if the difference is so small, that the conditions for a total reflection will not be met, the light will be passed from the medium(I) into the medium (II), as illustrated in fig. 3b, whereby the light will traverse the medium (I') and will be emitted.

If a birefringent material is used as the medium (I), where only one refractive index will meet the conditions for a total reflection and if assumed, that the medium (II) exhibits an optical activity (in this case, the term "optical activity" is to mean a property, whereby during the input and throughput of polarized light, a polarized component will be produced with an optical axis, which is rectangularly or crosswise aligned relative to the incident polarized light), the polarized light component in the light reaching the polarizer, which is totally reflected (fig. 3a), will be emitted without a change in the direction of the polarization. At the other hand, the traversed component of the polarized light (fig. 3b) will be emitted with a change in the direction of the polarization. This means, that the light will be emitted to the outside in the same direction of polarization as the totally reflected and emitted polarized light. Therefore, by means of the described process, the polarization grade of the polarized light may be increased without experiencing a reduction of the light intensity due to an absorption.

For assuring that the one of the two polarized light-beams, which intersect each other in a right angle, will be totally reflected, while the other light-beam will be transmitted through the media as a polarized light, the conditions of the following equation have to be met:

$$\sin^{-1} (n_{II} / n_{I1}) < \Phi < \sin^{-1} (n_{II} / n_{I2}) \quad (1)$$

where n_{I1} and n_{I2} mean the maximum or the minimum, respectively, of the refraction indices of the medium (I) and n_{II} is larger than n_{I2} and n_{II} means the refractive index of the medium (II) near the interface of the lamination layer.

As seen from the equation (1), the admissible range for the angle of inclination will become the larger and the limitations on the changes in the structure of the polarizer will be further extended, the larger the birefringence $\Delta = (n_{I1} - n_{I2})$ of the medium (I) is. At the same time, the angle of visibility will be widened.

In the foregoing, the effect of the light has been described, which enters into the medium (I). However, this effect is not true for the light directly entering into the medium (II). At the other hand, if the medium (I) has a sufficient thickness in comparison to the medium (II), almost the entire amount of the incident light will be reflected at the interface of the medium (I) and the medium (II). Therefore, the light which enters into the medium (II) is only the light which is reflected at the interface of the medium (I) and the medium (II).

As further clearly recognized from the schematic drawing in fig. 4, both kinds of light, i.e. the kind of light directly reaching and entering the medium (II), as well as also the kind of light di-

rected into the medium (II) after having entered at first the medium (I), to be repeatedly reflected (or traversed) at the interfaces between the media (I) and (II), if the thickness (distance p) of the medium (I), as well as also of the medium (II) is sufficiently thin in comparison to the thickness (t) of the polarizer. By increasing the number of events, at which the light will reach the interfaces between the media (I) and (II) in the aforementioned manner, the polarization grade will be increased.

The foregoing explanation refers to the case, where the light will reach the polarizer under a right angle. However, the same effect will be achieved, if the incident light will reach the polarizer under an oblique angle, as long as the conditions for the total reflection and transmission as illustrated in fig. 3, will be met. For instance, in the case of an LCD-device, where the light-source as well as also the LCD-panel have a large surface area to be viewed under an oblique angle, the display will have a sufficient contrast, if the conditions for the total reflection and transmission as illustrated in fig. 3, will be met.

In the following, the invention shall be further explained by describing some concrete execution examples.

Execution Example 1

A polarizer with a high optical transmission is illustrated in the fig. 1, 2 and 3 as the first execution example of the invention. In fig. 1, a part of a schematic sideview of a plate-shaped polarizer is shown. In fig. 2, a schematic perspective view of the polarizer is illustrated and in fig. 3, a schematic cross-section through an enlarged polarizer is illustrated.

The polarizer is composed of the media (I) and (II), which exhibit different optical properties and are laminated to each other with obliquely inclined interfaces. The medium (I) consists of calcite, which is polished for optical purposes. The optical axis of the medium (I) is rectangularly aligned relative to the paper surface. The refractive index of the medium (I) for the extraordinary light is $n_{I1} = 1.486$, while the refractive index for the ordinary light is $n_{I2} = 1.658$. The medium (II) consists of a lengthwise stretched polycarbonate film and of an adhesive layer (Canada balsam). The refractive indices of the polycarbonate for the extraordinary and the ordinary light, respectively, are $n_{II1} = 1.590$ and $n_{II2} = 1.585$, respectively. The refractive index of the adhesive is $n_{III} = 1.550$, whereby all these refractive indices are smaller than the refractive index n_{I2} of the medium (I). The angle of incidence is 75° and the thickness of the polarizer is 10 mm. As the light-source, a plane light-source of rod-shaped fluorescent light-tubes and photo-conductors of an acrylic resin are used.

As illustrated in fig. 3, the light will reach the outside surface (AA') of the polarizer in a right angle, thereby forming an angle of incidence (Φ) at the interface between the media (I) and (II). Since the ordinary light (but not the extraordinary light) will in this case meet the conditions for a total reflection, the ordinary light will be totally reflected (fig. 3a) and only the extraordinary light will penetrate into the medium (II) (fig. 3b). As seen, the polycarbonate film is arranged as the medium (II) in such a way, that the optical axis is aligned to about 45° relative to the plane of the paper.

The thickness is selected in such a way, that the plate may serve as a half-wavelength plate for the incident and the transmitted light. This means, that the phase difference ($d\Delta n$) is selected in such a way, that it will correspond to a path-length of $0.275 \mu\text{m}$ while traversing the medium (II) (d is the length of the optical path). Accordingly, the direction of the polarization will be turned by about 90° during the traversing of the medium (II). At the described execution example, an inorganic crystal (calcite) was used as the medium (I). However, in principle, it is irrelevant, whether the medium (I) is organic or inorganic, as long as the substance exhibits the optical properties, by which the effect of the invention will be realized. In the same way as mentioned for the medium (II), a lengthwise stretched high-polymer film may also be employed for the medium (I).

The thickness of the polarizer of 10 mm is substantially thicker than the thickness of conventional dichroic polarization plates, which have a maximal thickness of 1 mm. However, it is also possible to prepare the polarizer as a thin plate, where several very thin stretched high-polymer films, etc., will be laminated.

In fig. 1, a flat plane polarizer is illustrated. However, the polarizer does not have necessarily to be flat, but depending on the particular application, may have a bent or spherical surface shape.

Execution Example 2

Another execution example for achieving the objectives of the invention, is illustrated in fig. 4.

In comparison to the execution example 1, the ratio (p/t) of the distance (p) of the media to the thickness (t) of the polarizer, is remarkably small (< 1). It is $t = 5 \text{ mm}$ and $p = 0.5 \text{ mm}$.

In this case, the material for the medium (I) consists of a highly polymeric liquid-crystal prepared by a UV-initiated polymerization of a liquid-crystal compound of the following structure:



The process for orienting the highly polymeric substances, includes the following process steps:

- Placing the liquid-crystalline compound between glass-substrates, which had to be polished;
- Heating to 80°C to transfer the compound into the nematic liquid-crystalline phase;
- Solidification of the compound by means of a photo-polymerization by applying a UV-radiation, while maintaining the temperature of 80°C; and
- Examination of the uniformly oriented film.

Subsequently, the films were peeled from the glass-substrates and laminated. The refractive indices of the obtained films were 1.72 for the extraordinary light and 1.49 for the ordinary light.

In regard to the medium (II) and the adhesive, the same materials were used as described in the execution example 1. The angle of inclination (Φ) at the interface of the adhesive, was 70°.

The polarizers according to the execution examples 1 and 2 exhibit a brightness (light intensity), which is about 1.5-times more intense than observed with conventional polarizers.

Execution Example 3

Now, an execution example of a device for a bright liquid-crystal display unit shall be described as another object of the invention.

In fig. 5, an execution example of a device for a liquid-crystal display unit of the reflective type is schematically illustrated. The light (11) will reach at first a polarizer according to the invention and will be converted during the passage into a polarized light with an increased polarization grade, while only negligibly weakened by an absorption, and the light will subsequently reach the liquid-crystal panel (8) and, then, be reflected by a reflection plate (9). The reflected light (12) is directed backwards and will, finally, be emitted.

In fig. 6, an execution example of a device for a liquid-crystal display unit of the transmission type is schematically illustrated. The polarizer is arranged between the light-source (14) and the liquid-crystal panel (8). The light (16) emitted from the light-source is at first reflected in a light-conductor (15) in such a way, that it will reach the polarizer (7) and it will be converted during the passage into a polarized light with an increased polarization grade and a strongly reduced absorption loss in the same way as with the device for the liquid-crystal display unit of a reflective type. Subsequently, the light will reach the liquid-crystal panel (8).

If a polarizer (7) is used as described in the first execution example, the energy of the light-source may be reduced by 30% for producing the same brightness of the display as obtained by using a conventional polarizer.

Execution Example 4

Now, the execution example of a polarizer shall be described, additionally exhibiting not only an increased brightness, but also an increased contrast. This will be the 4th. example of the invention.

As schematically shown in fig. 7, a dichroic polarization plate (13) is laminated together with a polarizer (7) according to the first execution example. The polarization axis (19) of the light having traversed through the polarizer (7) and the transmission axis (17) of the dichroic polarization plate (13) are aligned in parallel. The dichroic polarization plate (13) is arranged opposite to the light-source, regardless whether or not natural light is utilized from the outside or an attached light-source is utilized.

In fig. 8 and 9, an LCD-device of the reflective type and of the transmission type, respectively, are schematically illustrated. These LCD-devices utilize a polarizer (7) according to the first execution example, which is combined with a dichroic polarization plate (13). A schematic perspective illustration of an LCD-device with a driver circuit is shown in fig. 10.

A liquid-crystal cell is composed of a liquid-crystal (10) mounted between the transparent substrates (29) and (29'), each fitted with transparent electrodes (27) and (27'), respectively. At the outside of the liquid-crystal cell, the polarizer according to the invention and the dichroic polarization plate (13) are arranged. The transparent electrodes (27) and (27') will be addressed by the driver circuits (28) and (28'), respectively, and be scanned according to a pattern to be displayed. The liquid-crystal will be affected by a potential to be applied to the liquid-crystal. The actual display occurs by means of light, which is applied to the backside of the polarizer (7).

As LCD-types, the Super-TN-type and the TFT-type are well known, as well as the type with a liquid-crystal with a high dielectric constant, and also the superhomeotropic type. However, the present invention is applicable to all types, in which a polarizer is used.

From the light of a light-source, only very small amounts will be lost, if the polarizer according to the invention is utilized. Therefore, the light-source may e.g. be utilized as the lighting devices for the headlamps of automobiles. If the headlamps are e.g. fitted with a polarization direction turned to the right by 45°, and the driver wears polarized eye-glasses (with a dichroic light absorption), which is only transparent for a polarized light with the same direction of polarization. Therefore, the perceived amount of light from an oncoming automobile, will be substantially reduced, which means an increased safety factor. The same effect will be achieved, if a polarizer is attached to the windshield of the motor-vehicle.

The same effect is also achieved, if a dichroic polarizing film is attached at the rear window or the sideview mirrors. In particular, if motor-vehicles following or passing each other in the

traffic are fitted with headlamps of the same type, the undesired blinding may essentially be eliminated, whereby the directions of polarization are aligned to the right or left, respectively, by 45° .

The polarizer according to the invention may not only be used for an LCD-device, but also e.g. as an optical acceptor for a polarization detector.

Execution Example 5

A process of preparation for preparing a polarizer according to the invention shall be described in this example.

The medium (I) and the medium (II) are laminated onto each other and wound into a roll as illustrated in fig. 11a. The laminated layers are bonded to each other and the adhesive bond is cured for forming the laminated cylindrical roll (2) as illustrated in fig. 11b.

Subsequently, the cylindrical roll is sliced along the cutting planes $(30,30^\circ)$, which are selected in such a way, that they will form a predefined angle (Φ) at the interface between the media (I) and (II). Thereby, the slicing process is to be carried out in such a way, that the shear-force coincides with the direction of the optical axis (4). In this manner, a deformation of the optical axis by the applied shear-forces may essentially be avoided.

If this kind of a polarizer is used at an LCD-device, an increased brightness of the displayed image will be achieved.

Execution Example 6

In fig. 12 and 13, a sixth execution example of the invention is illustrated, showing a polarized light-source with a high efficiency grade by using a polarizer with a high light-transmission. The polarized light-source is equipped with a light-source emitting non-polarized light or weakly polarized light, as well as with a polarizer for increasing the polarization grade.

Execution Example 7

In fig. 14, an example of an overhead projector is illustrated utilizing a polarization light-source according to the invention. This polarization light-source (10) is mounted in the lower part of the projector housing. The light is passed through a liquid-crystal panel (11), a magnifying lens (12), is reflected at a reflection mirror (13) and is projected onto a screen (14). In comparison to a conventional projector with the same brightness (light-intensity), the energy consumption is reduced by 30%.

Depending on the application case, the projection may also be carried out differently, whereby e.g. the polarization light-source is arranged in the upper part of the projector and a liquid-crystal panel is radiated by the polarized light, whereby this liquid-crystal panel is arranged beneath the polarization light-source. After having passed through the liquid-crystal panel, the light is projected to the screen by means of the magnifying lens (12) and the reflection mirror (13).

In fig. 15, a liquid-crystal projector is illustrated, where the same polarization light-source according to the invention is utilized as also used in the overhead projector. In this case, too, 30% of the energy for the light-source will be saved in the same way as described before in reference to the overhead projector in comparison to the use of a conventional liquid-crystal projector.

The polarization light-source according to the invention exhibits a high light-transmission for the original light. Therefore, if operating at the same brightness (light intensity) as used with conventional light-sources, the energy consumption may be substantially reduced, which means also an advantageous increase of the useful life of the light-source.

PATENT CLAIMS

1. An only little absorbing polarizer, **wherein**
 - a medium (I) is employed, which is birefringent for producing a light with 2 or 3 polarization modes with a different refraction; and
 - a medium (II) is employed, which is optically active and has a surface or a surface layer with a refractive index, which is less than the largest refractive index among the 2 or 3 refractive indices of the medium (I);
 - the two media (I) and (II) are alternately laminated onto each other for forming a plurality of layers; and
 - whereby the interfaces of the laminated layers are aligned under such an angle (Φ), that a portion of the light having entered into the medium (I) and having formed one of the polarization modes, will be totally reflected at the interface between the media (I) and (II), while the light of the other polarization modes will essentially traverse the medium (II) without restriction.

2. A polarizer according to claim 1, **wherein** the angle of inclination (Φ) between the direction of incidence of the light into the medium (I) and the interfaces of the laminated layers, has to meet the conditions of the following equation (1):

$$\sin^{-1} (n_{11} / n_{11}) < \Phi < \sin^{-1} (n_{11} / n_{12}) \quad (1)$$

whereby n_{11} and n_{12} refer to the maximal or minimal refractive index of the medium (I) and $n_{11} > n_{12}$ and n_{11} refers to the refractive index of the medium (II) near the interface of the laminated layers.

3. A polarizer according to one of the claims 1 or 2, **wherein** the medium (II) is comprised of a layer (IIa) with a given refractive index and an optical activity, and of an adhesive layer (IIb) with a given refractive index and an adhesive strength.
4. A polarizer according to one of the claims 1 to 3, **wherein** the layer of the medium (I) is thicker than the layer of the medium (II).
5. A polarizer according to one of the claims 1 to 4, **wherein** the medium (I) and/or the medium (II) is formed from layers of oriented organic high-polymers.
6. A polarizer according to one of the claims 1 to 4, **wherein** the medium (I) is formed from a liquid-crystalline high-polymer film.
7. A polarizer according to one of the claims 1 to 6, **wherein** the polarizer is provided with a dichroic polarization plate (13) with an optical transmission axis arranged in such a way, that the axis is essentially aligned in parallel to the polarization direction of the light emitted from the polarizer.
8. An only little absorbing polarizer, **wherein** the polarizer is composed of the following components and will function as follows:
 - at least 2 media (I,II) which are laminated onto each other;

- at least one of the media (I) is birefringent;
 - at least the other medium (II) is optically active;
 - non-polarized or only little polarized light entering from the outside, will be divided into 2 or 3 polarized light-beams;
 - light of at least one polarization direction is emitted via the optically active medium without a transmission;
 - light of at least one polarization direction is emitted via the optically active medium after a transmission and
 - light of the two polarization directions will be synthesized.
9. A polarizer according to one of the claims 1 to 8, **wherein** the interfaces of the laminated layers are arranged under such an angle, that the light of the one direction of polarization, which traverses the medium (I), will be reflected at the interface between the media (I) and (II), while the light of another direction of polarization will traverse the medium (II), and whereby the film thickness of the medium (I) is selected in such a way, that the reflected light will be reflected several times during its passage through the polarizer.
10. An LCD- (= liquid-crystal display) device with
- a conductive film;
 - a pair of substrates, from which at least one substrate is transparent;
 - a liquid-crystal panel (8) with a liquid-crystal layer arranged between the substrate pair;
 - a polarization device (7) for the light, which will reach the liquid-crystal panel; and
 - a driver circuit (28,28') for driving the liquid-crystal layer by feeding an electric potential into the conductive film,
- wherein** the polarization device is a polarizer according to one of the claims 1 to 9.
11. An LCD-device according to claim 10, **wherein** the polarization device (7) and an optical reflector (9) are arranged at both sides of the liquid-crystal panel (8).
12. An LCD-device according to claim 10, **wherein** a dichroic polarization plate (13) is laminated onto the polarization device (7) and the last mentioned device is arranged in such a way, that the dichroic polarization plate will be positioned opposite to the liquid-crystal panel (8).
13. An LCD-device according to one of the claims 10 or 11, **wherein** a dichroic polarization plate (13) is laminated onto the polarization device (7) and the polarization device and an optical reflector are arranged to both sides of the liquid-crystal panel (8).
14. A process for preparing a polarizer, **wherein** the process is characterized by the following process steps:
- Preparation of a laminated structure by an alternating laminating and bonding of the two media (I) and (II) to each other, whereby the medium (I) exhibits a birefringence for producing 2 or 3 polarization modes due to the different refractive indices, and whereby the medium (II) exhibits an optical activity, has a given thickness and a surface or a surface
- active indices, of the medium
- cutting off slices with a given thickness from the laminated rolls under an angle, which is predefined in such a manner, that the interfaces of the laminate structure will form a particular angle, whereby the polarized light of the one mode, which traverses through the

- medium (I), will be reflected at the interface between the media (I) and (II), and the light of the other polarization mode will essentially pass through the medium (II) without restriction;
- preparation of a film, in which the media (I) and (II) are arranged in a stripe-like pattern.
15. A process according to claim 14, **wherein** oriented organic high-polymers are used for preparing the media (I) and (II), which are subsequently combined and bonded together.
16. A polarization light-source with:
- a light-source (2) producing no or only a little polarized light; and
 - a polarizer (1), which receives this light and emits a highly polarized light, **wherein** the polarizer is a polarizer according to one of the claims 1 to 7.
17. A polarization light-source with:
- a light-source (2) producing no or only a little polarized light; and
 - a polarizer (1), which receives this light and emits a highly polarized light, **wherein** the polarizer is a polarizer according to claim 8.
18. A display device with:
- a polarization light-source (10) and
 - a device for focusing an image produced by an LCD-device and projected onto a projection screen (14), **wherein**
 - the polarization light-source is a light-source according to claim 16 and
 - the device for focusing the image will function in such a way, that the device will collect the polarized light emitted from the polarization light-source and will direct the light through the LCD-device.

8 Pages with drawings are attached.

*Translated by Hans L. Schlichting
3999-99th Lane N.E.
Circle Pines, MN 55014*

Phone: (612) 784-5350

Date: June 2, 1998

FIG. 3(a)

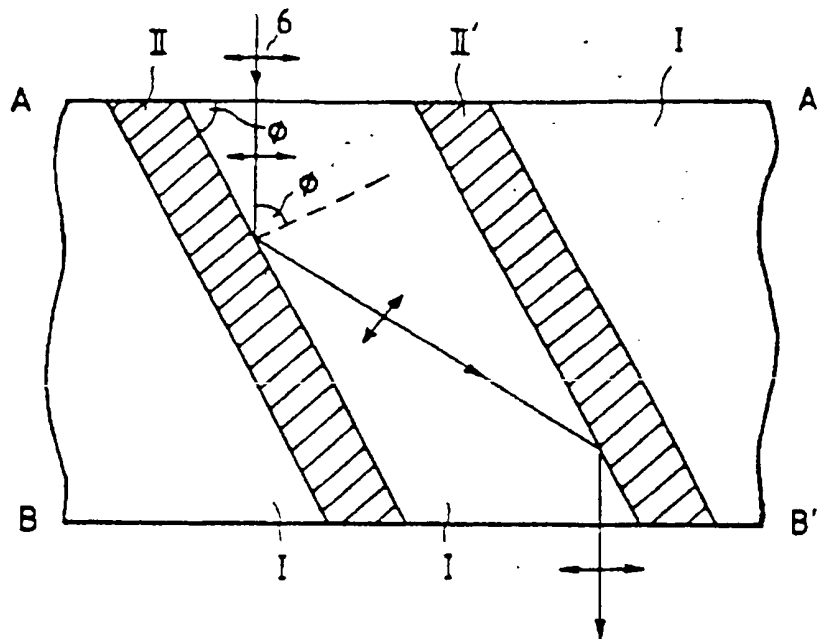


FIG. 3(b)

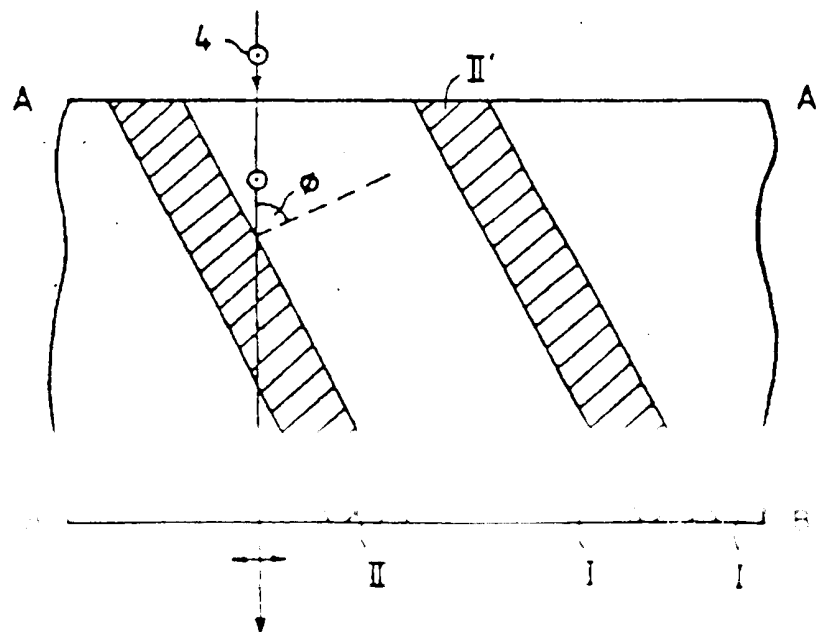


FIG. 4

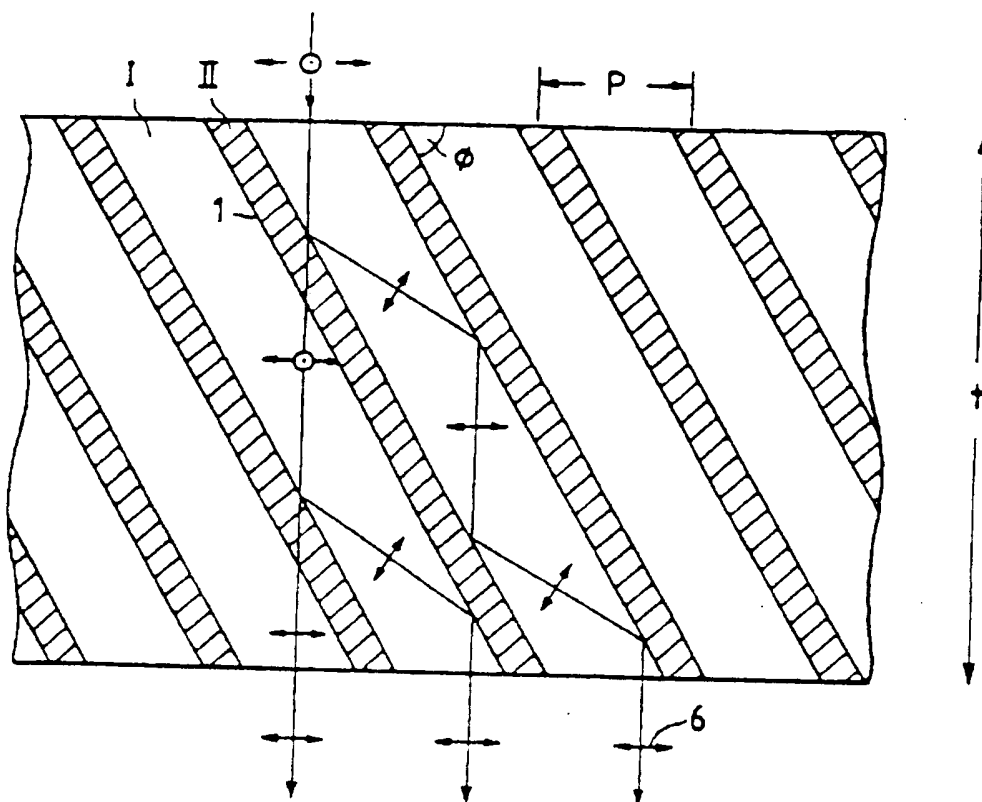


FIG. 5

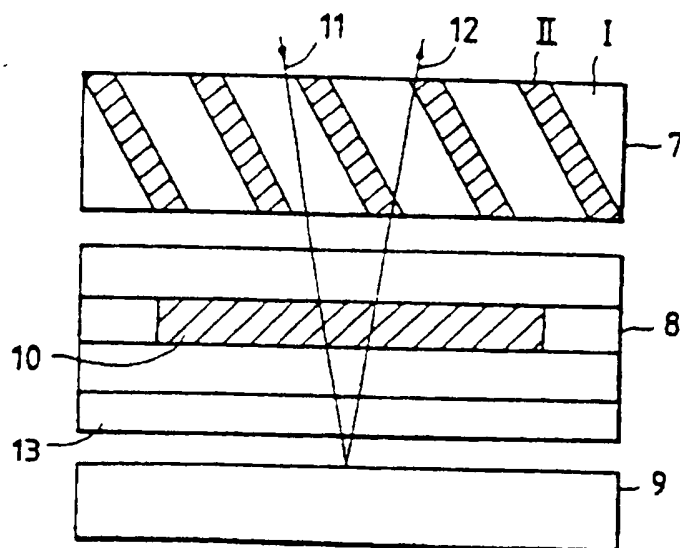


FIG. 6

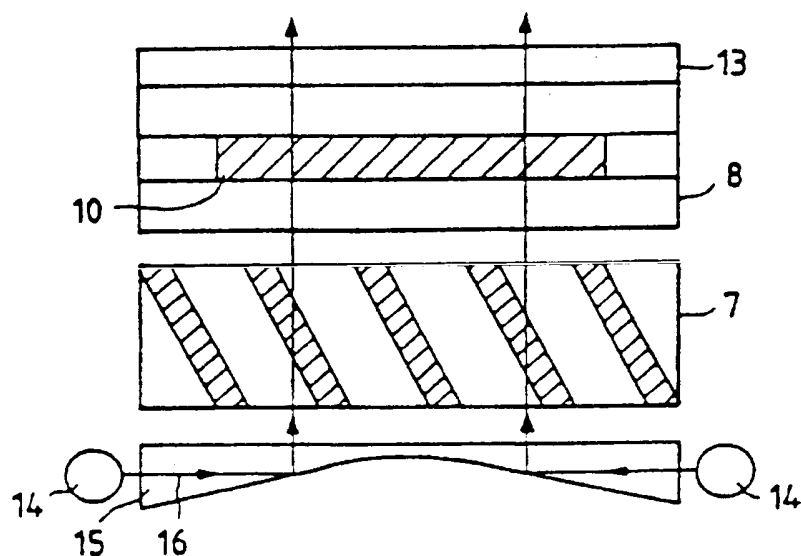


FIG. 7

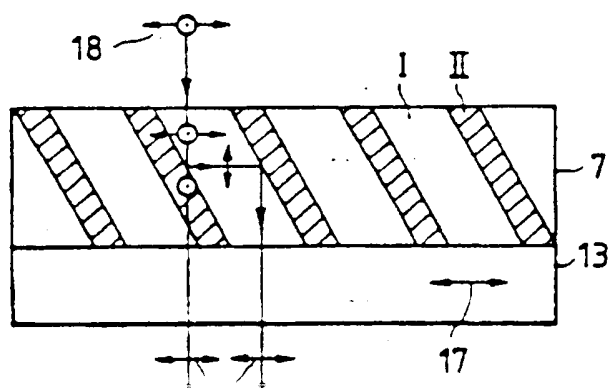


FIG. 8

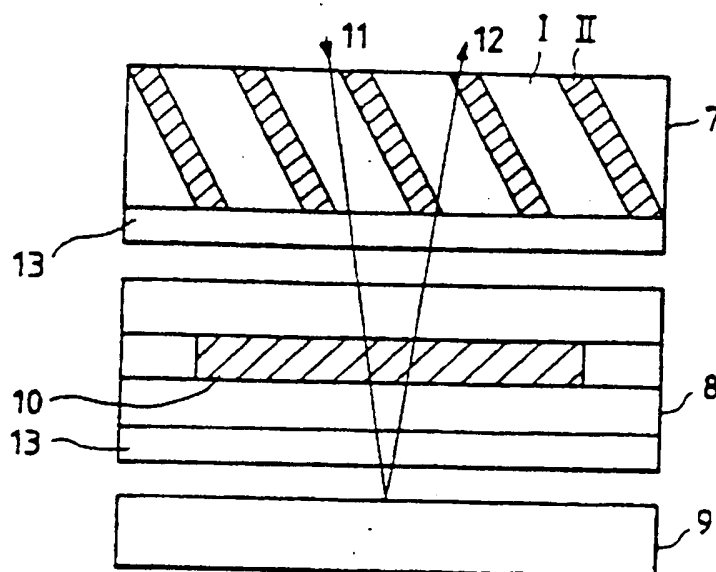


FIG. 9

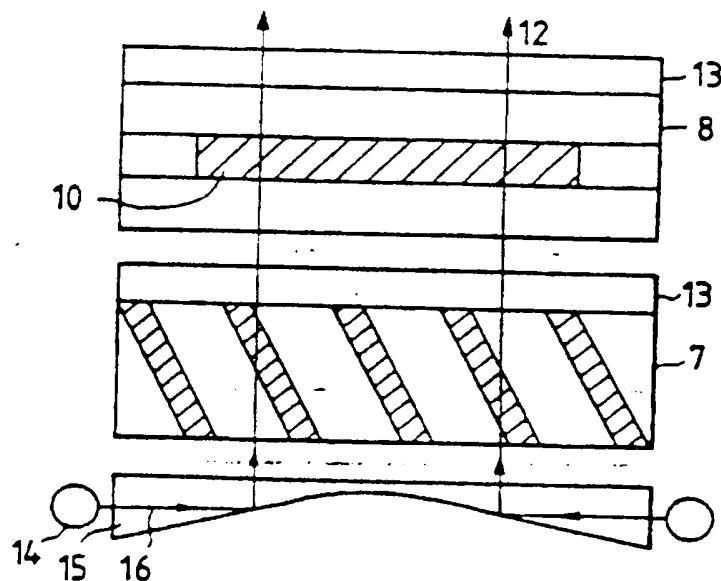


FIG. 10

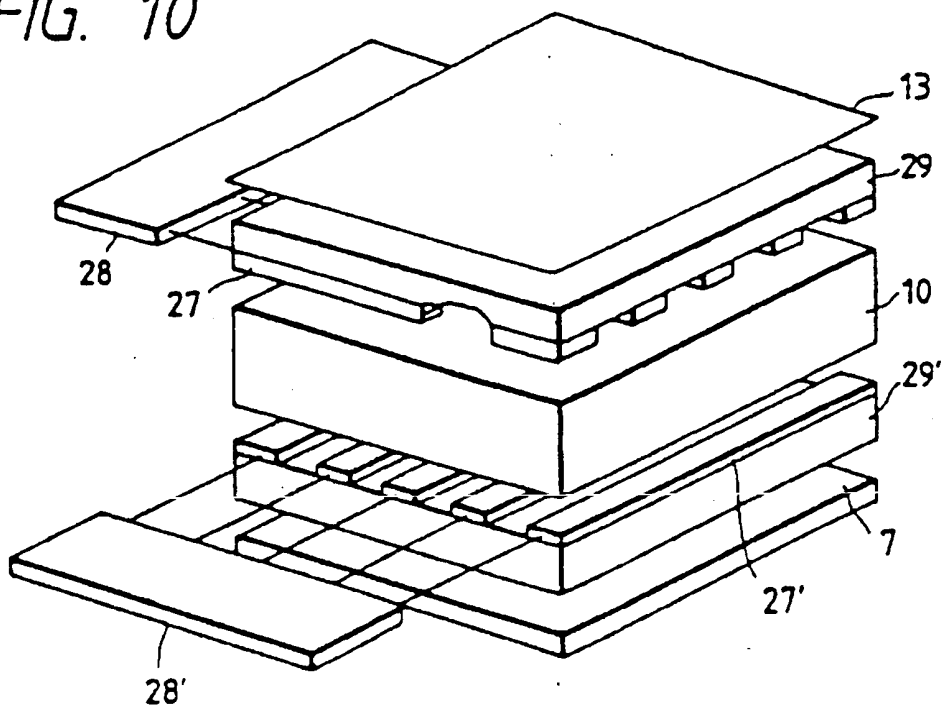


FIG. 11(a)

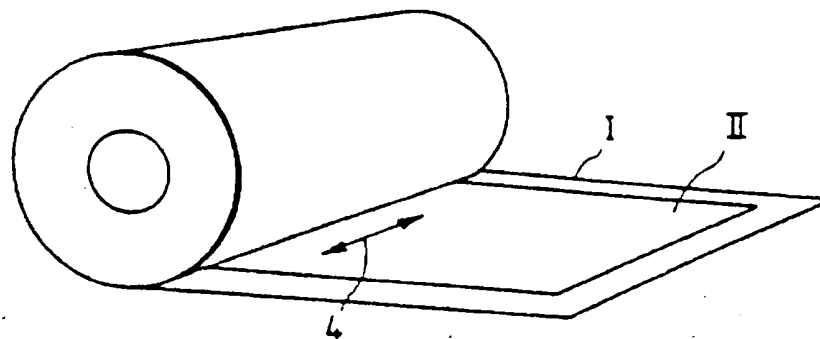


FIG. 11(b)

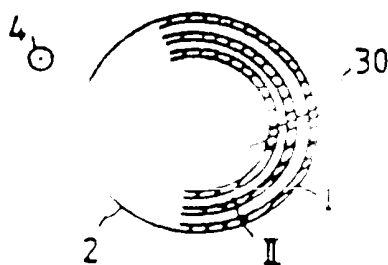


FIG. 12

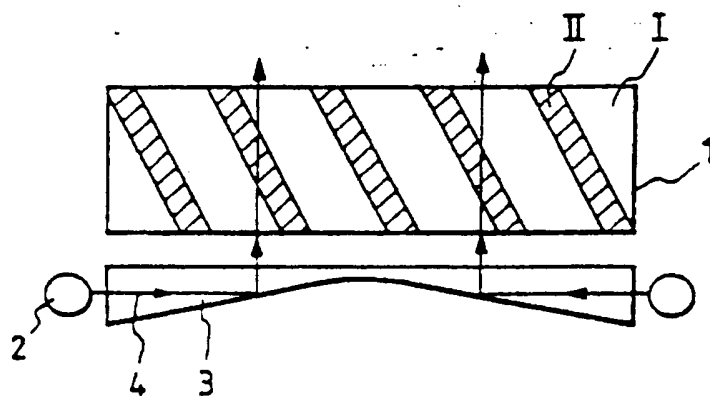


FIG. 13

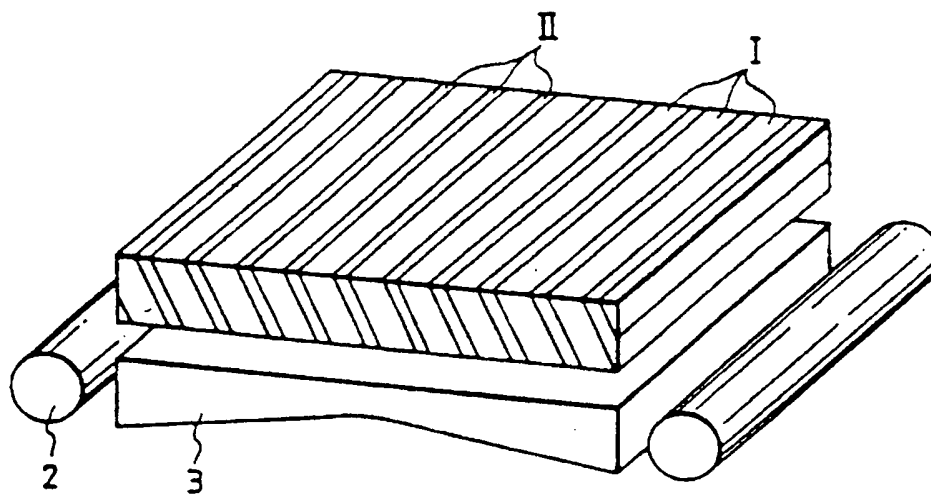


FIG. 14

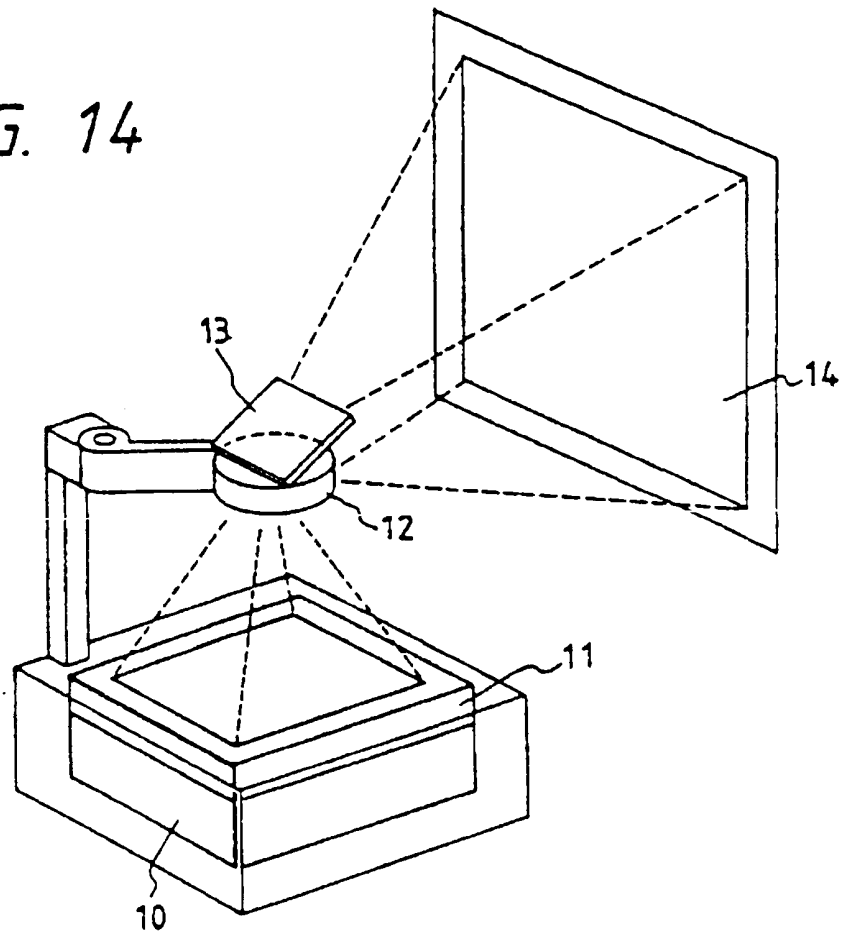


FIG. 15

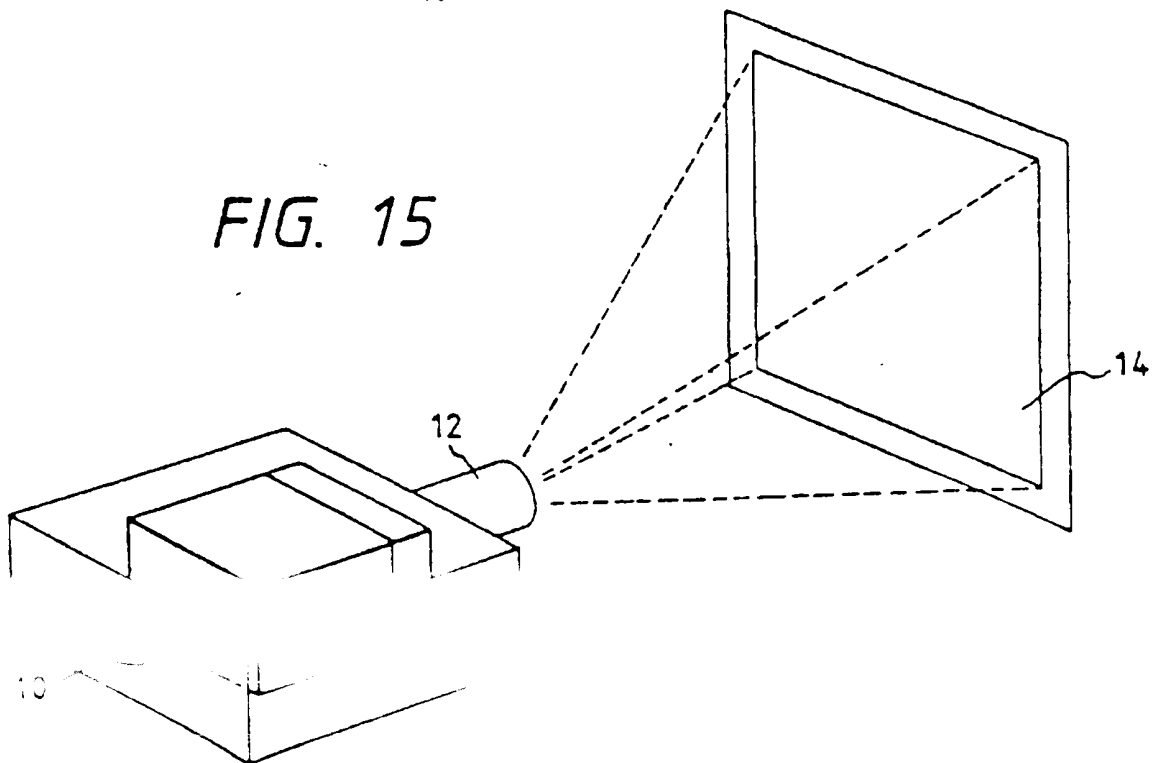


FIG. 1

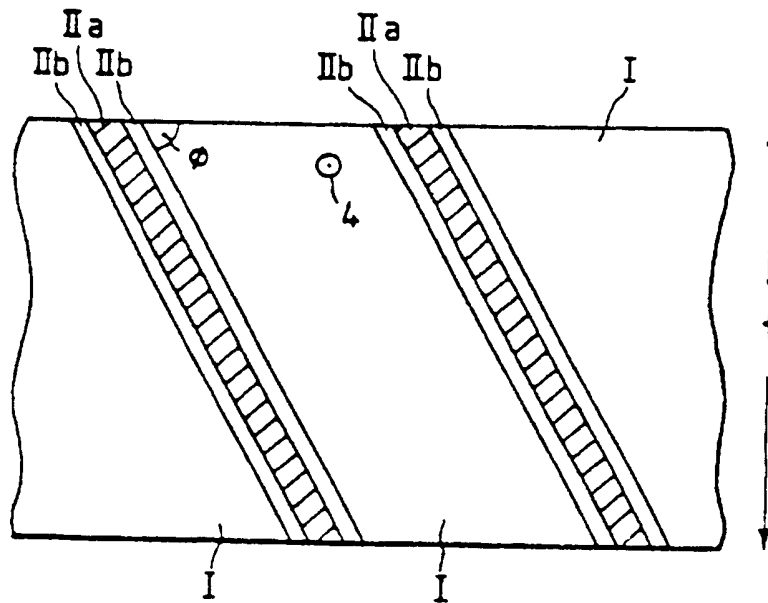
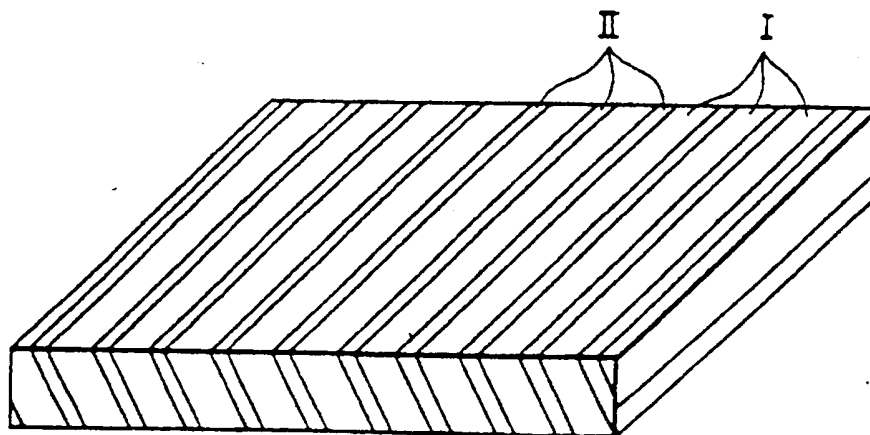


FIG. 2



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 41 21 861 A 1**

⑳ Aktenzeichen: P 41 21 861.2
㉑ Anmeldetag: 2. 7. 91
㉒ Offenlegungstag: 16. 1. 92

⑤ Int. Cl.⁵:
G 02 B 5/30
G 02 F 1/1335
B 60 J 3/06
G 09 F 9/35
// G 03 B 21/132, C 09 K
19/02, F 21 M 3/26

g02b 5/30

INF C 09 K 13/38

G02 F 1/1335 P

DE 41 21 861 A 1

③① Unionspriorität: ③② ③③ ③④

06.07.90 JP 2-178674 07.03.91 JP 3-41664

⑦① Anmelder:

Hitachi, Ltd., Tokio/Tokyo, JP

⑦④ Vertreter:

Strehl, P., Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing.;
Schübel-Hopf, U., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Groening,
H., Dipl.-Ing., Pat.-Anwälte, 8000 München

⑦② Erfinder:

Kondo, Katsumi, Katsuta, Ibaraki, JP; Hirakata,
Junichi; Ito, Osamu, Hitachi, Ibaraki, JP; Kitamura,
Teruo, Katsuta, Ibaraki, JP; Ohara, Shuichi, Hitachi,
Ibaraki, JP; Kikuchi, Naoki, Mobara, Chiba, JP;
Shimura, Masato, Hitachi, Ibaraki, JP

DOC

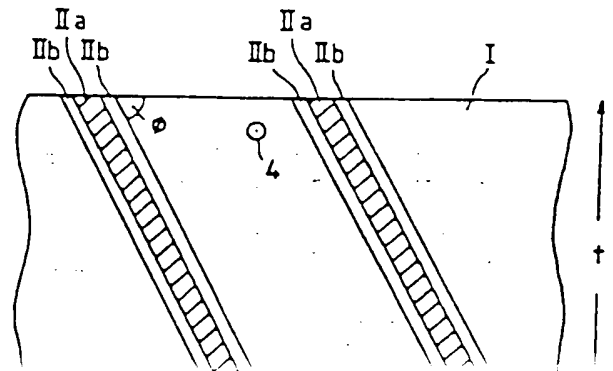
DOC

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Gering absorbierender Polarisator und Herstellverfahren für einen solchen, sowie Lichtquelle und Displayvorrichtung mit einem solchen

⑤⑦ Der erfindungsgemäße Polarisator ist aus Medien (I, II) mit unterschiedlichen Brechungsindizes gebildet. Dadurch wird der Anteil ordentlichen Lichts im einfallenden Licht an der Grenze zwischen den laminierten Medien I und II totalreflektiert, während der Anteil außerordentlichen Lichts durch das Medium II durchstrahlt. Das Medium II ist so angeordnet, daß es unter im wesentlichen 45° zur Lichtachse steht, und seine Dicke ist so gewählt, daß es als Halbwellenlängenplatte für das durchgelassene Licht wirkt. Dadurch wird ein Polarisator hoher Durchlässigkeit durch verringerte Absorption erhalten, der dazu in der Lage ist, fast das gesamte einfallende Licht als in derselben Richtung polarisiertes Licht auszugeben.

Dieser Polansator ist für eine helle LCD-Vorrichtung mit großer Anzeigefläche geeignet.



DE 41 21 861 A 1

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Polarisator mit hoher Helligkeit sowie ein Herstellungsverfahren und Anwendungen eines solchen in einer Displayvorrichtung und einer Polarisationslichtquelle.

5 In einer bekannten LCD (= Liquid Crystal Display = Flüssigkristalldisplay)-Vorrichtung wird eine Polarisationsplatte mit dichroitischer Lichtabsorption (dichroitischer Polarisator) als Lichtpolarisationselement verwendet. Dabei wird das polarisierte Licht dadurch erhalten, daß der eine von zwei rechtwinklig zueinander polarisierten Lichtstrahlen durchgeht, während der andere absorbiert wird. In diese zwei Polarisationsrichtungen kann unpolarisiertes Licht zerlegt werden, das von außen auf die Polarisationsplatte fällt und diese durchdringt. Da
10 beim vorstehend beschriebenen Verfahren eine Polarisationskomponente absorbiert wird, geht mehr als die Hälfte des Lichts verloren. Dementsprechend ist die maßgebliche Lichtdurchlässigkeit der derzeit im allgemeinen verwendeten Polarisationsplatte etwa 40%. Die Polarisationsplatte ist demgemäß der Flaschenhals in bezug auf die Helligkeitsausbeute bei optischen Geräten, bei denen es auf Helligkeit ankommt.

Zum Erzielen einer Anzeige mit hohem Kontrast durch Erhöhen des Polarisationsgrades (Erhöhen des Polarisierungseffektes) der dichroitischen Polarisationsplatte ist es erforderlich, den absorbierten Anteil von Licht zu erhöhen, wodurch die Lichtdurchlässigkeit von Polarisationsplatten, wie sie in derzeit üblichen Vorrichtungen für Darstellung mit hohem Kontrast verwendet werden, noch weiter abnimmt. Diese Tendenz zur weiteren Abnahme wird insbesondere bei Farbd Displays deutlich. Um den Farbsättigungsgrad zu erhöhen, ist man gezwungen, eine Polarisationsplatte mit geringer Lichtdurchlässigkeit zu verwenden.

20 Aus JP-A-61-2 21 728 (1968) ist ein Versuch zum Verringern der Lichtverluste, wie sie bei Reflexion auftreten, bekannt, gemäß dem die Anzahl von Grenzen verringert wird, indem die Polarisationsplatte als eines der Substrate einer Flüssigkristallzelle verwendet wird.

Weiterhin ist in JP-A-2-69 715 (1990) ein Verfahren vorgeschlagen, das versucht, den Lichtverlust dadurch zu verringern, daß transmittierende und reflektierte Lichtstrahlen durch einen Strahlteiler in sich rechtwinklig
25 schneidende polarisierende Lichtstrahlen aufgeteilt werden, die mit Hilfe einer Halbwellenlängenplatte dieselbe Polarisationsrichtung erhalten und dann durch Reflexion mit einem Spiegel in paralleler Richtung gesendet werden, wodurch der Polarisationsgrad erhöht wird, ohne daß Licht absorbiert wird.

Insoweit die dichroitische Polarisationsplatte derzeit in der Praxis verwendet wird, kann der Lichtverlust der Platte nicht verringert werden, wodurch verschiedene Probleme entstehen.

30 Bei einer LCD-Vorrichtung vom Reflexionstyp, die natürliches Licht verwendet, besteht das Problem, daß eine weiße Anzeige nicht erhältlich ist, sondern wegen des Lichtverlusts an der Polarisationsplatte nur eine graue, selbst wenn das Display als helles Display ausgebildet ist. Bei einer LCD-Vorrichtung vom Transmissionsstyp mit einer Lichtquelle besteht das Problem, daß ein Erhöhen der Leuchtdichte zum Erhalten ausreichender Helligkeit die aufgenommene Leistung erhöht und mehr Wärme erzeugt wird. Diese Probleme sind in Farbanzeigevorrichtungen, die Farbfilter benötigen, noch schwerwiegender.

35 Das in JP-A-2-69 715 (1990) angegebene Verfahren erfordert optische Teile wie einen Strahlteiler, einen Reflexionsspiegel usw., und selbst beim Vergrößern der Vorrichtung ist es schwierig, eine großflächige Lichtquelle zu erhalten. Z. B. ist es schwierig, eine solche Lichtquelle für die Rückseitenbeleuchtung einer LCD-Vorrichtung der Größe A5 zu verwenden. Dies gilt sowohl für den Typ mit direkter Betrachtung wie auch den
40 Reflexionstyp.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Polarisator hoher optischer Durchlässigkeit, großer Fläche und geringer Dicke mit verringerter dichroitischer Absorption anzugeben, die der Hauptgrund für den Lichtverlust in optischen Bauteilen wie einer LCD-Vorrichtung usw. ist.

Der Erfindung liegt weiterhin die Aufgabe zugrunde, ein Herstellungsverfahren für einen Polarisator anzugeben.
45 Eine weitere Aufgabe ist die, eine helle LCD-Vorrichtung anzugeben.

Eine vierte Aufgabe besteht darin, einen Polarisator und eine LCD-Vorrichtung mit erhöhter Helligkeit aber unverringertem Anzeigekontrast anzugeben.

Eine fünfte Aufgabe ist es, eine Polarisationslichtquelle mit einem Polarisator hoher optischer Durchlässigkeit und großer Fläche anzugeben, die eine Polarisationsplatte mit geringer optischer Absorption im Polarisator
50 nutzt.

Schließlich ist es eine Aufgabe der Erfindung, eine Displayvorrichtung mit einer Polarisationslichtquelle der eben genannten Art anzugeben.

Die Erfindung ist für den Polarisator durch die Merkmale von Anspruch 1, für die LCD-Vorrichtung durch die Merkmale von Anspruch 10, für das Herstellungsverfahren des Polarisators durch Anspruch 14, für die Polarisationslichtquelle durch die Merkmale von Anspruch 16 und für die LCD-Vorrichtung mit einer solchen Polarisationslichtquelle durch die Merkmale von Anspruch 18 gegeben. Vorteilhafte Weiterbildungen und Ausgestaltungen sind Gegenstand abhängiger Ansprüche.

Als physikalische Phänomene zum Erzeugen polarisierten Lichts aus unpolarisiertem oder gering polarisiertem Licht sind folgende bekannt:

- 60 1. Doppelbrechung;
2. dichroitische Absorption;
3. Reflexion an einer dielektrischen Substanz.

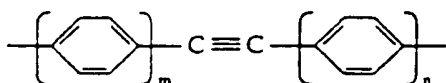
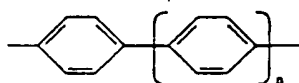
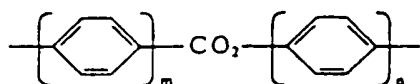
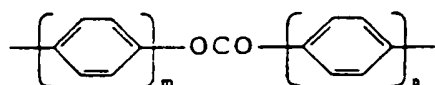
65 Vorrichtungen zum Erzeugen polarisierten Lichts (also polarisierende Elemente oder Polarisatoren) auf Grundlage eines jeden der vorstehend genannten physikalischen Phänomene sind bekannt.

Ein doppelbrechender Polarisator erlaubt es, einen polarisierten Lichtstrahl dadurch auszustrahlen, daß Licht in einem optisch isomeren Medium in zwei polarisierte Lichtstrahlen getrennt wird. Ein Polarisator mit dichroi-

tischer Absorption nutzt den Effekt, daß nur einer von mehreren polarisierten Lichtstrahlen absorbiert wird. Ein Polarisator wird in fast allen derzeitigen LCDs verwendet.

Licht, das in einer dielektrischen Substanz reflektiert wird, wird dann polarisiert, wenn der Auffallwinkel einen besonderen Wert (Brewsterwinkel) annimmt. Polarisatoren, die den vorstehend beschriebenen Effekt nutzen, können grob in reflektierende und transmittierende Polarisatoren unterteilt werden. Der erfindungsgemäße Polarisator nutzt das Phänomen der Doppelbrechung.

Für das Medium I wird ein Kristall hoher Doppelbrechung wie z. B. Calcit verwendet. Auch orientierte organische Polymere mit einer Struktur gemäß den folgenden Formeln können verwendet werden (in denen n und m ganze Zahlen mindestens vom Wert 1 sind):



Was das Medium II betrifft, das nicht notwendigerweise eine so hohe Doppelbrechung wie das Medium I aufweisen muß, können z. B. Filme aus Polycarbonaten, Polyester, Nylon und dergleichen verwendet werden. Sie müssen jedoch optische Aktivität aufweisen. Für beide Medium I und II werden orientierte organische Hochpolymerfilme bevorzugt.

Ein Film mit den Medien I und II wird dadurch erhalten, daß die Medien abwechselnd aufeinander laminiert und miteinander verbunden werden, wodurch, wie weiter unten beschrieben, mehrere Schichten gebildet werden. Die Schichten werden zum Bilden des Films unter einem vorgegebenen Neigungswinkel geschnitten. Zum Verbinden der Medien I und II miteinander ist es von Vorteil, wenn ein Medium II mit einer Kleberschicht mit vorgegebenem Brechungsindex als Oberflächenschicht verwendet wird.

Die Erfindung und Vorteile und Wirkungen derselben werden im folgenden anhand von durch Figuren veranschaulichten Ausführungsbeispielen näher beschrieben.

Fig. 1 ist ein schematischer Querschnitt durch einen erfindungsgemäßen Polarisator.

Fig. 2 ist eine schematische perspektivische Darstellung des Polarisators von Fig. 1.

Fig. 3(a) und (b) sind Querschnittsbilder zum Erläutern der Arbeitsweise des erfindungsgemäßen Polarisators.

Fig. 4 ist eine Zeichnung zum Erläutern eines anderen erfindungsgemäßen Polarisators.

Fig. 5 ist ein schematischer Querschnitt durch eine erfindungsgemäße LCD-Vorrichtung vom Reflexionstyp.

Fig. 6 ist ein schematischer Querschnitt durch eine erfindungsgemäße LCD-Vorrichtung vom Transmissions-

typ. Fig. 7 ist ein schematischer Querschnitt durch einen weiteren erfindungsgemäßen Polarisator.

Fig. 8 ist ein schematischer Querschnitt einer weiteren erfindungsgemäßen LCD-Vorrichtung vom Reflexionstyp.

Fig. 9 ist ein schematischer Querschnitt einer anderen erfindungsgemäßen LCD-Vorrichtung vom Transmissions-

typ. Fig. 10 ist eine schematische perspektivische Darstellung einer erfindungsgemäßen LCD-Vorrichtung mit einer Treiberschaltung.

Fig. 11(a) und (b) sind Zeichnungen zum Erläutern eines Herstellverfahrens für einen erfindungsgemäßen Polarisator.

Fig. 12 ist ein schematischer Teilquerschnitt durch eine Polarisationslichtquelle.

Fig. 13 ist eine schematische perspektivische Darstellung der Polarisationslichtquelle von Fig. 12.

Fig. 14 ist eine schematische Darstellung eines Overheadprojektors mit einer erfindungsgemäßen Polarisationslichtquelle und

Fig. 15 ist eine schematische Darstellung eines Flüssigkristallprojektors mit einer erfindungsgemäßen Polarisationslichtquelle.

Die Erfindung wird hierauf anhand von Figuren, die die Erfindung in verschiedenen Ausführungsformen zeigen, näher beschrieben. Die Medien I und II sind optisch aktiv, sie sind gegeneinander laminiert und die Laminierenebene ist gegenüber einer Grenzlinie AA' des Polarisators (um einen Winkel Φ) geneigt. Es wird nun der Fall beschrieben, daß Licht unter beinahe rechtem Winkel auf die Grenze AA' des Polarisators fällt.

Derartiges Licht durchdringt das Medium I und erreicht die Grenze zum Medium II. Wenn der Neigungswinkel Φ zur Grenze groß genug und der Brechungsindex n_{II} ausreichend klein gegenüber dem Brechungsindex n_I des Mediums I ist, wird das Licht total an der geneigten Grenze reflektiert, wie dies in Fig. 3(a) dargestellt ist. Das reflektierte Licht weitet sich genau in Vorwärtsrichtung aus und erreicht die Grenze zum Medium II', wo das Licht wiederum ganz reflektiert wird. Anschließend durchdringt das Licht die Grenze BB' und wird emittiert.

Die Gesamtreflexionsbedingung für diesen Fall ist durch folgende Gleichung gegeben:

$$\Phi > \sin^{-1}(n_{II}/n_I) \quad (1)$$

- 5 Wenn andererseits n_{II} größer ist als n_I oder die Differenz so klein ist, daß sie nicht der Totalreflexionsbedingung genügt, dringt Licht vom Medium I in das Medium II ein, wie in Fig. 3(b) dargestellt, woraufhin das Licht durch das Medium I' durchdringt und abgestrahlt wird.

- Wenn als Medium I ein solches mit Doppelbrechung verwendet wird, bei dem nur ein Brechungsindex die Totalreflexionsbedingung erfüllt, und wenn angenommen wird, daß das Medium II optische Aktivität aufweist (hier bedeutet optische Aktivität die Eigenschaft, daß beim Einstrahlen und Durchstrahlen von polarisiertem Licht eine polarisierte Komponente erzeugt wird, deren Achse rechtwinklig zum einfallenden polarisierten Licht steht), wird die polarisierte Lichtkomponente in dem auf den Polarisator fallenden Licht, die totalreflektiert wird (Fig. 3(a)) ohne Änderung der Polarisationsrichtung abgestrahlt. Andererseits wird die durchgestrahlte Komponente des polarisierten Lichts (Fig. 3(b)) mit Änderung der Polarisationsrichtung abgestrahlt. Das heißt, daß das Licht mit derselben Polarisationsrichtung abgestrahlt wird, wie das totalreflektierte und abgestrahlte polarisierte Licht. Durch das vorstehend beschriebene Verfahren kann der Polarisationsgrad des polarisierten Lichts erhöht werden, ohne daß die Lichtstärke durch Absorption verringert wird.

- Um dafür zu sorgen, daß von zwei polarisierten Lichtstrahlen, die sich einander rechtwinklig schneiden, der eine totalreflektiert wird der andere als polarisiertes Licht durchgestrahlt wird, muß die folgende Gleichung erfüllt sein:

$$\sin^{-1}(n_{II}/n_{I1}) < \Phi < \sin^{-1}(n_{II}/n_{I2}) \quad (1)$$

- (wobei n_{I1} und n_{I2} das Maximum bzw. das Minimum der Brechungsindizes des Mediums I bedeuten und n_{II} größer n_{I2} gilt und n_{II} den Brechungsindex des Mediums II nahe einer Grenze der laminierten Schicht bedeutet).

- Wie es aus Gleichung (1) hervorgeht, wird der zulässige Bereich für den Neigungswinkel um so größer, und die Grenze der Veränderungen in der Struktur des Polarisators wird um so weiter hinausgeschoben, je größer die Doppelbrechung $\Delta = (n_{I1} - n_{I2})$ des Mediums I ist. Gleichzeitig verbreitert sich der Sichtbarkeitswinkel.

- Vorstehend wurde die Wirkung auf Licht beschrieben, das in das Medium I einfällt, jedoch gilt diese Wirkung nicht für direkt in das Medium II einfallendes Licht. Wenn jedoch das Medium I ausreichend dick im Vergleich zum Medium II gemacht wird, kann fast das gesamte einfallende Licht in der vorstehend beschriebenen Weise verwendet werden, und es kommt zu einem beträchtlichen Effekt durch die vorliegende Erfindung.

- Wie es weiterhin aus der schematischen Zeichnung von Fig. 4 hervorgeht, werden dann, wenn die Dicke (Abstand p) sowohl des Mediums I wie auch II dünn genug im Vergleich zur Dicke (t) des Polarisators gemacht werden, beide Arten von Licht, also sowohl solches, das direkt auf das Medium II fällt, wie auch solches, das in das Medium II eingestrahlt wird, nachdem es zunächst auf das Medium I fiel, vielfach an den Grenzen zwischen den Medien I und II reflektiert (oder durchgestrahlt). Durch Erhöhen der Anzahl von Malen, in denen Licht die Grenzen zwischen den Medien I und II in der vorstehend beschriebenen Weise erreicht, läßt sich der Polarisationsgrad erhöhen.

- Obige Erläuterung gilt für den Fall, daß Licht unter rechtem Winkel auf den Polarisator fällt, jedoch wird derselbe Effekt mit Licht erhalten, das schräg einfällt, solange die Bedingungen für Totalreflexion und Transmission erfüllt sind, wie sie durch Fig. 3 dargestellt sind. Zum Beispiel gilt für den Fall eines LCD (Liquid Crystal Display = Flüssigkristalldisplay)-Geräts, daß dann, wenn sowohl die Lichtquelle wie auch das Flüssigkristallpanel jeweils eine große Fläche aufweisen und schräg betrachtet werden, die Anzeige genug Kontrast aufweist, solange die in Fig. 3 dargestellten Bedingungen für Totalreflexion und Transmission erfüllt sind.

Die Erfindung wird nun anhand von Ausführungsbeispielen konkret beschrieben.

(Ausführungsbeispiel 1)

- 50 Ein Polarisator mit hoher optischer Transmission, wie er das erste Ausführungsbeispiel der Erfindung ist, ist in den Fig. 1, 2 und 3 dargestellt. Fig. 1 ist ein Teil einer schematischen Seitenansicht eines plattenförmigen Polarisators. Fig. 2 ist eine schematische perspektivische Ansicht des Polarisators, und Fig. 3 ist ein schematischer Querschnitt durch den vergrößerten Polarisator.

- Der Polarisator ist aus den Medien I und II zusammengesetzt, die unterschiedliche optische Eigenschaften aufweisen und mit schrägen Grenzflächen gegeneinander laminiert sind. Das Medium I besteht aus Calcit, der für optische Zwecke poliert ist; die optische Achse des Mediums I steht rechtwinklig zur Papierfläche. Der Brechungsindex des Mediums I für außerordentliches Licht ist $n_{II} = 1,486$, während der für ordentliches Licht $n_{I2} = 1,658$ ist. Das Medium II besteht aus einem langgestreckten Film aus Polycarbonat und einem Klebstoff (Kanadabalsam). Die Brechungsindizes des Polycarbonats für außerordentliches bzw. ordentliches Licht sind $n_{II} = 1,590$ bzw. $n_{I2} = 1,585$, der Brechungsindex des Klebstoffs ist $n_{III} = 1,550$, so daß alle Brechungsindizes kleiner sind als der Brechungsindex n_{I2} des Mediums I. Der Einfallswinkel ist 75° und die Dicke des Polarisators 10 mm. Als Lichtquelle wurde eine plane Lichtquelle aus stabförmigen Leuchtstoffröhren und Photoleitern aus Acrylharz verwendet.

- Wie in Fig. 3 dargestellt, fällt Licht, das auf die Grenze AA' des Polarisators rechtwinklig auftrifft, unter einem Einfallswinkel Φ auf die Grenze zwischen den Medien I und II. Da hierbei das ordentliche Licht die Bedingung für Totalreflexion erfüllt, nicht jedoch das außerordentliche Licht, wird das ordentliche Licht totalreflektiert (Fig. 3a) und nur das außerordentliche Licht wird in das Medium II eingestrahlt (Fig. 3b). Hierbei ist der Polycarbonatfilm als das Medium II so angeordnet, daß die Lichtachse unter beinahe 45° zur Papierebene steht.

Die Dicke ist so gewählt, daß die Platte als Halbwellenlängenplatte auf das einfallende und weitergeleitete Licht wirkt. Das heißt, daß die Phasendifferenz $d\Delta n$ so eingestellt ist, daß sie $0,275 \mu\text{m}$ beim Durchdringen durch das Medium II entspricht (d ist die Länge des optischen Pfads). Dementsprechend wird die Polarisationsrichtung beim Durchstrahlen des Mediums II um etwa 90° gedreht. Beim Ausführungsbeispiel wurde ein anorganischer Kristall (Calzit) als Medium I verwendet, jedoch ist es gleichgültig, ob das Medium I organisch oder anorganisch ist, solange die Substanz optische Eigenschaften aufweist, durch die der Effekt der Erfindung realisiert wird. Wie für das Medium II kann ein langgestreckter Hochpolymerfilm verwendet werden.

Die Dicke des Polarisators von 10 mm ist erheblich dicker als diejenige herkömmlicher dichroitischer Polarisationsplatten von höchstens 1 mm, jedoch ist es auch möglich, den Polarisator insgesamt dünn auszugestalten, wenn mehrere dünne gestreckte Hochpolymerfilme usw. laminiert werden.

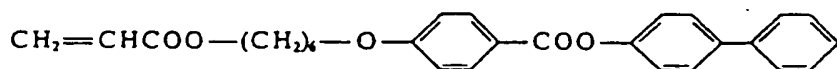
In Fig. 1 ist ein flacher ebener Polarisator dargestellt, jedoch muß er nicht flach sein, sondern er kann, abhängig von der Anwendung z. B. auch in Form einer gebogenen oder kugeligen Fläche vorliegen.

(Ausführungsbeispiel 2)

Ein anderes Ausführungsbeispiel zum Lösen der ersten Aufgabe der Erfindung ist in Fig. 4 dargestellt.

Im Vergleich zum Ausführungsbeispiel 1 ist das Verhältnis (p/t) des Abstandes (p) der Medien zur Dicke (t) des Polarisators bemerkenswert klein (< 1). Es ist $t = 5 \text{ mm}$ und $p = 0,5 \text{ mm}$.

Das Material für das Medium I ist ein hochpolymerer Flüssigkristall, der durch Polymerisieren einer Flüssigkristallverbindung folgender Struktur durch Bestrahlen mit ultraviolettem Licht erhalten wurde:



Das Verfahren zum Orientieren der hochpolymeren Substanz weist folgende Schritte auf:

- Einfügen der flüssigkristallinen Verbindung zwischen Glassubstrate, die gerieben wurden;
- Heizen auf 80°C , damit die Verbindung die nematische Flüssigkristallphase annimmt;
- Verfestigen der Verbindung durch Photopolymerisation durch Einstrahlen ultravioletten Lichts und Aufrechterhalten der Temperatur von 80°C ; und
- Erhalten des gleichförmig orientierten Films.

Anschließend wird der Film vom Glassubstrat abgezogen und laminiert.

Die Brechungsindizes des erhaltenen Films sind 1,72 für außerordentliches und 1,49 für ordentliches Licht. Was das Medium II und den Klebstoff angeht, wurden dieselben Materialien wie beim Ausführungsbeispiel 1 verwendet. Der Neigungswinkel Φ an der Grenze zur Kleberebene war 70° .

Polarisatoren gemäß den Ausführungsbeispielen 1 und 2 weisen Helligkeiten auf, die etwa das 1,5fache herkömmlicher Polarisatoren sind.

(Ausführungsbeispiel 3)

Es wird nun ein Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung für ein helles Flüssigkristalldisplay als vierter Gegenstand der Erfindung erläutert.

Fig. 5 ist eine schematische Zeichnung, die ein Ausführungsbeispiel der Vorrichtung für ein Flüssigkristalldisplay vom Reflexionstyp zeigt. Licht 11 fällt zunächst auf einen erfindungsgemäßen Polarisator und wird beim Durchstrahlen in polarisiertes Licht mit erhöhtem Polarisationsgrad gewandelt bei geringer Schwächung durch Absorption, und anschließend fällt das Licht auf das Flüssigkristallpanel 8, woraufhin es von einer Reflexionsplatte 9 reflektiert wird und als reflektiertes Licht 12 zurückgestrahlt und schließlich emittiert wird.

Fig. 6 ist eine schematische Darstellung für ein Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung für ein Flüssigkristalldisplay vom Transmissionstyp. Der Polarisator ist zwischen der Lichtquelle 14 und dem Flüssigkristallpanel 8 angeordnet. Licht 16 von der Lichtquelle wird zunächst in einem Lichtleiter 15 so reflektiert, daß es zunächst auf den Polarisator 7 fällt, und es wird dann beim Durchstrahlen in polarisiertes Licht mit erhöhtem Polarisationsgrad bei geringem Absorptionsverlust, wie im Fall der Vorrichtung für ein Flüssigkristalldisplay vom Reflexionstyp, gewandelt, und anschließend fällt es auf das Flüssigkristallpanel 8.

Wenn als Polarisator 7 ein solcher gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel verwendet wird, kann die Leistung der Lichtquelle um 30% erniedrigt werden, wenn dieselbe Helligkeit erzielt werden soll wie unter Verwendung eines herkömmlichen Polarisators.

(Ausführungsbeispiel 4)

Es wird nun das Ausführungsbeispiel eines Polarisators erläutert, der zusätzlich zu erhöhter Helligkeit auch erhöhten Kontrast aufweist. Es handelt sich um das vierte Beispiel der Erfindung.

Wie aus der schematischen Darstellung von Fig. 7 ersichtlich, ist eine dichroitische Polarisationsplatte 13 mit einem Polarisator 7 gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel zusammen laminiert. Die Polarisationsachse 19 des durch den Polarisator 7 gestrahlten Lichts und die Transmissionsachse 17 der dichroitischen Polarisationsplatte 13 sind parallel. Die dichroitische Polarisationsplatte 13 ist der Lichtquelle gegenüber angeordnet, unabhängig davon, ob natürliches Licht von außen oder eine angefügte Lichtquelle verwendet wird.

Die Fig. 8 und 9 sind schematische Zeichnungen für eine LCD-Vorrichtung vom Reflexionstyp bzw. vom Transmissionstyp. Diese LCD-Vorrichtungen benutzen einen Polarisator 7 gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel, der mit einer dichroitischen Polarisationsplatte 13 zusammengefügt ist. Eine schematische perspektivische Darstellung einer LCD-Vorrichtung mit Treiberschaltung ist durch Fig. 10 gegeben.

- 5 Eine Flüssigkristallzelle verfügt über einen Flüssigkristall 10, der zwischen durchsichtigen Substraten 29 und 29' gehalten wird, von denen jede durchsichtige Elektroden 27 bzw. 27' aufweist. Außerhalb der Flüssigkristallzelle sind der erfindungsgemäße Polarisator 7 und die dichroitische Polarisationsplatte 13 angeordnet. Die durchsichtigen Elektroden 27 und 27' werden durch die Treiberschaltungen 28 bzw. 28' angesteuert und entsprechend einem darzustellenden Muster durchgetastet. Der Flüssigkristall wird dadurch beeinflusst, daß eine Spannung an ihn angelegt wird. Die Anzeige erfolgt durch Licht, das von der Unterseite des Polarisators 7 her durchgestrahlt wird.

Als LCD-Typen sind z. B. der Super-TN-Typ, der TFT-Typ, der Typ mit einem Flüssigkristall mit hoher Dielektrizitätskonstante, der superhomöotrope Typ usw. bekannt, jedoch ist die Erfindung auf alle Typen anwendbar, die einen Polarisator nutzen.

- 15 Vom Licht einer Lichtquelle, die den erfindungsgemäßen Polarisator nutzt, geht nur sehr wenig verloren. Die Lichtquelle kann daher z. B. als Beleuchtungseinrichtung für die Frontstrahler von Fahrzeugen verwendet werden. Wenn bei Frontstrahlern z. B. die Polarisationsrichtung um 45° nach rechts geneigt ist und der Fahrer eine Polarisationsbrille (mit dichroitischer Absorption) trägt, die nur das polarisierte Licht mit derselben Polarisationsrichtung durchläßt, wird die von einem entgegenkommenden Fahrzeug erkennbare Lichtmenge erheblich verringert, was die Fahrsicherheit erhöht. Derselbe Effekt wird erhalten, wenn ein dichroitischer polarisierter Film mit derselben Polarisationsrichtung wie ihn die Polarisationsbrille aufweist, an der Windschutzscheibe des Fahrzeugs befestigt wird, anstatt daß eine Polarisationsbrille getragen wird.

- 20 Derselbe Effekt wird erhalten, wenn ein dichroitischer Polarisationsfilm am hinteren Fenster oder einem Seitenspiegel angebracht wird. Besonders dann, wenn aufeinanderfolgende Fahrzeuge Frontlichter vom selben Typ verwenden, läßt sich Blenden weitgehend vermeiden, wenn Polarisationsrichtungen gewählt werden, die um 45° nach rechts bzw. links stehen.

Der erfindungsgemäße Polarisator kann nicht nur für eine LCD-Vorrichtung, sondern auch z. B. als optischer Akzeptor für einen Polarisationsdetektor verwendet werden.

30 (Ausführungsbeispiel 5)

Es wird nun ein Herstellungsverfahren für ein drittes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Polarisators erläutert.

- 35 Das Medium I und das Medium II werden aufeinander laminiert und aufgewickelt, wie in Fig. 11(a) dargestellt. Die Schichten haften aufeinander und werden verfestigt, um den laminierten walzenförmigen Körper 2 zu bilden, wie er in Fig. 11(b) dargestellt ist.

- Anschließend wird die Walze entlang von Schnittebenen 30, 30' geschnitten, die so gewählt sind, daß sie einen vorgegebenen Winkel (Φ) mit der Grenze zwischen den Medien I und II bilden. Dabei wird der Schnitt so ausgeführt, daß die Scherkraft mit der Richtung der optischen Achse 4 übereinstimmt. Durch einen Schnitt auf diese Weise kann Verformen der optischen Achse durch die Scherkraft weitgehend vermieden werden.

Wenn ein solcher Polarisator bei einer LCD-Vorrichtung verwendet wird, kann erhöhte Helligkeit erzielt werden.

45 (Ausführungsbeispiel 6)

- 45 Die Fig. 12 und 13 veranschaulichen als sechstes Ausführungsbeispiel der Erfindung eine polarisierte Lichtquelle mit hohem Wirkungsgrad durch Verwenden des Polarisators mit hoher Lichtdurchlässigkeit. Die Polarisationslichtquelle verfügt über eine Lichtquelle, die unpolarisiertes Licht oder geringfügig polarisiertes Licht aussendet, sowie über einen Polarisator zum Erhöhen des Polarisationsgrades.

50 (Ausführungsbeispiel 7)

- Fig. 14 stellt ein Beispiel für einen Overheadprojektor dar, der eine erfindungsgemäße Polarisationslichtquelle nutzt. Die Polarisationslichtquelle 10 ist im unteren Teil des Projektorgehäuses angebracht. Ihr Licht durchstrahlt ein Flüssigkristallpanel 11, eine Vergrößerungslinse 12 und einen Reflexionsspiegel 13 und wird auf einen Schirm 14 projiziert. Im Vergleich mit einem herkömmlichen Projektor derselben Helligkeit ist der Leistungsbedarf um 30% verringert.

- Abhängig vom Anwendungsfall kann die Projektion auch anders vorgenommen werden, z. B. so, daß die polarisierte Lichtquelle im oberen Teil des Projektors angeordnet ist und ein Flüssigkristallpanel mit polarisiertem Licht bestrahlt, das unterhalb der Polarisationslichtquelle angeordnet ist. Das durch das Flüssigkristallpanel durchgestrahlte Licht wird mit Hilfe der Vergrößerungslinse 12 und des Reflexionsspiegels 13 projiziert.

- In Fig. 15 ist ein Flüssigkristallprojektor dargestellt, der dieselbe erfindungsgemäße Polarisationslichtquelle nutzt wie der Overheadprojektor. In diesem Fall kann, ebenso wie beim Overheadprojektor, 30% an Energie für die Lichtquelle im Vergleich zur Verwendung eines herkömmlichen Flüssigkristallprojektors eingespart werden. Die erfindungsgemäße Polarisationslichtquelle weist hohe Durchlässigkeit für das Ursprungslicht auf. Daher kann bei selber Helligkeit wie bei einer herkömmlichen Lichtquelle die Leistungszufuhr beträchtlich verringert werden, was den weiteren Vorteil des Erhöhen der Lebensdauer der Lichtquelle nach sich zieht.

Patentansprüche

1. Gering absorbierender Polarisator, gekennzeichnet durch
 - ein Medium (I), das doppelbrechend ist, um Licht mit zwei oder drei Polarisationsmoden zu erzeugen, die unterschiedliche Brechung erfahren; und
 - ein Medium (II), das optisch aktiv ist und eine Oberfläche oder eine Oberflächenschicht aufweist, deren Brechungsindex kleiner ist als der größte Brechungsindex unter den zwei oder drei Brechungsindizes des Mediums I;
 - wobei die Medien (I) und (II) abwechselnd aufeinander laminiert sind, um eine Mehrzahl von Schichten zu bilden; und
 - wobei die Grenzen der laminierten Schichten unter einem solchen Winkel (Φ) angeordnet sind, daß vom Licht, das in das Medium (I) strahlt, solches einer der Polarisationsmoden an der Grenze zwischen den Medien I und II totalreflektiert wird und Licht einer anderen Polarisationsmode im wesentlichen durch das Medium II durchdringt.
2. Polarisator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Neigungswinkel Φ zwischen der Einfallsrichtung des Lichts in das Medium I und den Grenzen der laminierten Schichten folgender Gleichung (1) genügt:

$$\sin^{-1}(n_{11}/n_{12}) < \Phi < \sin^{-1}(n_{11}/n_{12}) \quad (1)$$

wobei n_{11} und n_{12} der maximale bzw. minimale Brechungsindex des Mediums I sind und $n_{11} > n_{12}$ gilt und n_{11} der Brechungsindex des Mediums II nahe den Grenzen der laminierten Schichten ist.
3. Polarisator nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Medium II aus einer Schicht (IIa) mit vorgegebenem Brechungsindex und optischer Aktivität sowie einer Kleberschicht (IIb) mit einem vorgegebenen Brechungsindex und Haftfestigkeit besteht.
4. Polarisator nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht des Mediums I dicker ist als die Schicht des Mediums II.
5. Polarisator nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Medium I und/oder das Medium II orientierte organische Hochpolymerschichten sind.
6. Polarisator nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Medium I ein flüssigkristalliner Hochpolymerfilm ist.
7. Polarisator nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß er eine dichroitische Polarisationsplatte (13) aufweist, deren optisch durchlässige Achse so angeordnet ist, daß sie im wesentlichen parallel zur Polarisationsrichtung des aus dem Polarisator ausgestrahlten Lichts steht.
8. Gering absorbierender Polarisator, dadurch gekennzeichnet, daß er wie folgt aufgebaut ist und wie folgt arbeitet:
 - mindestens zwei Medien (I und II) miteinander laminiert sind;
 - mindestens eines der Medien (I) Doppelbrechung aufweist;
 - mindestens das andere Medium (II) optisch aktiv ist;
 - unpolarisiertes oder wenig polarisiertes Licht, das von außen einfällt, in zwei oder drei polarisierte Lichtstrahlen unterteilt;
 - Licht mindestens einer Polarisationsrichtung ohne Transmission durch das optisch aktive Medium abgestrahlt wird;
 - Licht mindestens einer anderen Polarisationsrichtung nach Transmission durch das optisch aktive Medium abgestrahlt wird; und
 - Licht der beiden Polarisationsrichtungen synthetisiert wird.
9. Polarisator nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Grenzen der laminierten Schichten unter einem solchen Winkel angeordnet sind, daß Licht einer Polarisationsrichtung, das durch das Medium I durchstrahlt, an der Grenze zwischen den Medien I und II reflektiert wird, während Licht einer anderen Polarisationsrichtung das Medium II durchstrahlt, und die Filmdicke des Mediums I so gewählt wird, daß das reflektierte Licht mehrfach während seines Durchgangs durch den Polarisator reflektiert wird.
10. LCD (= Liquid Crystal Display = Flüssigkristalldisplay)-Vorrichtung mit:
 - einem leitenden Film;
 - einem Paar von Substraten, von denen mindestens eines durchsichtig ist;
 - einem Flüssigkristallpanel (8) mit einer Flüssigkristallschicht zwischen dem Substratpaar;
 - einer Polarisationsrichtung (7) für Licht, das auf das Flüssigkristallpanel fällt; und
 - einer Treibereinrichtung (28, 28') zum Treiben der Flüssigkristallschicht durch Spannungszufuhr zum leitenden Film; dadurch gekennzeichnet, daß die Polarisationsrichtung eine solche gemäß der optischen Achse des Panels ist.
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Polarisationsrichtung eine optische Reflektor (9) zu beiden Seiten des Flüssigkristallpanels (8) angeordnet sind.
12. LCD-Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß eine dichroitische Polarisationsplatte (13) an die Polarisationsrichtung (7) laminiert ist und letztere so angeordnet ist, daß die dichroitische Polarisationsplatte dem Flüssigkristallpanel (8) gegenübersteht.
13. LCD-Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß eine dichroitische Polarisationsplatte (13) an die Polarisationsrichtung (7) laminiert ist und die Polarisationsrichtung und ein optischer Reflektor zu den beiden Seiten des Flüssigkristallpanels (8) angeordnet sind.
14. Verfahren zum Herstellen eines Polarisators, gekennzeichnet durch folgende Schritte:

- Herstellen eines Laminatkörpers durch abwechselndes Laminieren und aneinander Befestigen zweier Medien I und II, von denen das Medium I Doppelbrechung aufweist, um mit unterschiedlichen Brechungsindizes zwei oder drei Polarisationsmoden zu erzielen, und das Medium II optische Aktivität aufweist, eine vorgegebene Dicke hat und über eine Oberfläche oder eine Oberflächenschicht verfügt, deren Brechungsindex geringer ist als der größte Brechungsindex von den zwei oder drei Brechungsindizes des Mediums I;
 - Herausschneiden von Scheiben vorgegebener Dicke aus dem Laminatkörper unter einem Winkel, der in solcher Weise vorgegeben ist, daß die Grenzen des Laminatkörpers einen solchen Winkel einnehmen, daß polarisiertes Licht der einen Mode, das durch das Medium I dringt, an der Grenze zwischen den Medien I und II reflektiert wird und Licht der anderen Polarisationsmode im wesentlichen durch das Medium II durchdringt;
 - ein Film erzeugt, in dem die Medien I und II streifenförmig angeordnet sind.
15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß für die Medien I und II für Orientierung behandelte organische Hochpolymere verwendet werden und beide Medien zusammengefügt werden.
16. Polarisationslichtquelle mit:
- einer Lichtquelle (2), die nicht oder nur geringfügig polarisiertes Licht erzeugt; und
 - einem Polarisator (1), der das Licht empfängt und hochpolarisiertes Licht ausgibt;
- dadurch gekennzeichnet, daß der Polarisator ein solcher gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7 ist.
17. Polarisationslichtquelle mit:
- einer Lichtquelle (2), die nicht oder nur geringfügig polarisiertes Licht erzeugt; und
 - einem Polarisator (1), der das Licht empfängt und hochpolarisiertes Licht ausgibt; dadurch gekennzeichnet, daß der Polarisator ein solcher gemäß Anspruch 8 ist.
18. Anzeigevorrichtung mit:
- einer Polarisationslichtquelle (10) und
 - einer Einrichtung zum Fokussieren des durch eine LCD-Vorrichtung erzeugten Bildes auf einen Schirm (14);
- dadurch gekennzeichnet, daß
- die Polarisationslichtquelle eine solche gemäß Anspruch 16 ist und
 - die Einrichtung zum Fokussieren des Bildes so arbeitet, daß sie das polarisierte Licht von der Polarisationslichtquelle sammelt und es durch die LCD-Vorrichtung leitet.

Hierzu 8 Seite(n) Zeichnungen

FIG. 3(a)

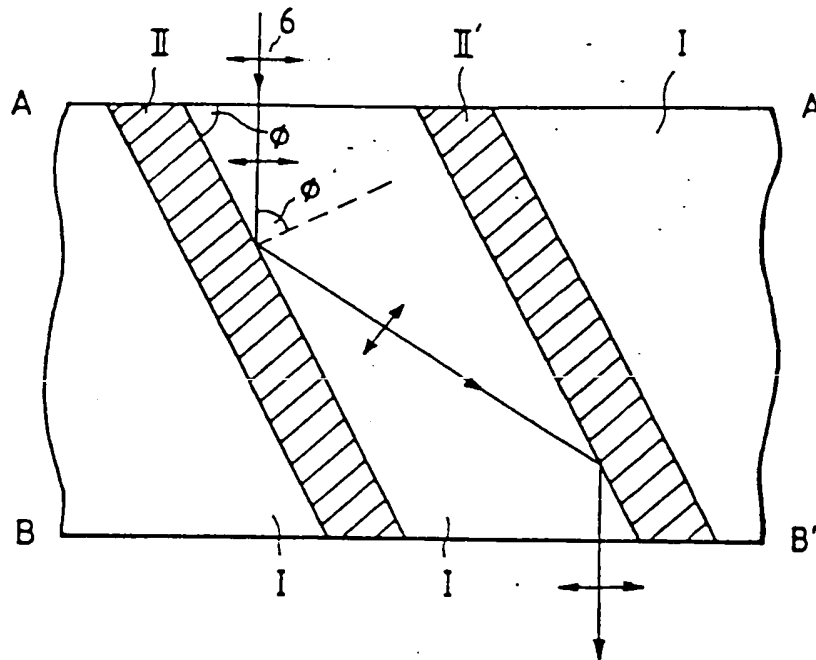


FIG. 3(b)

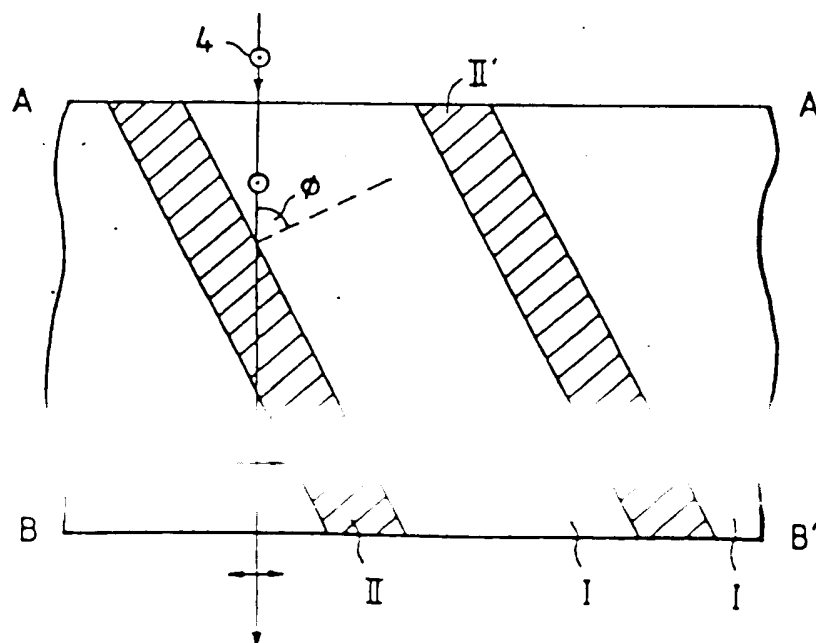


FIG. 4

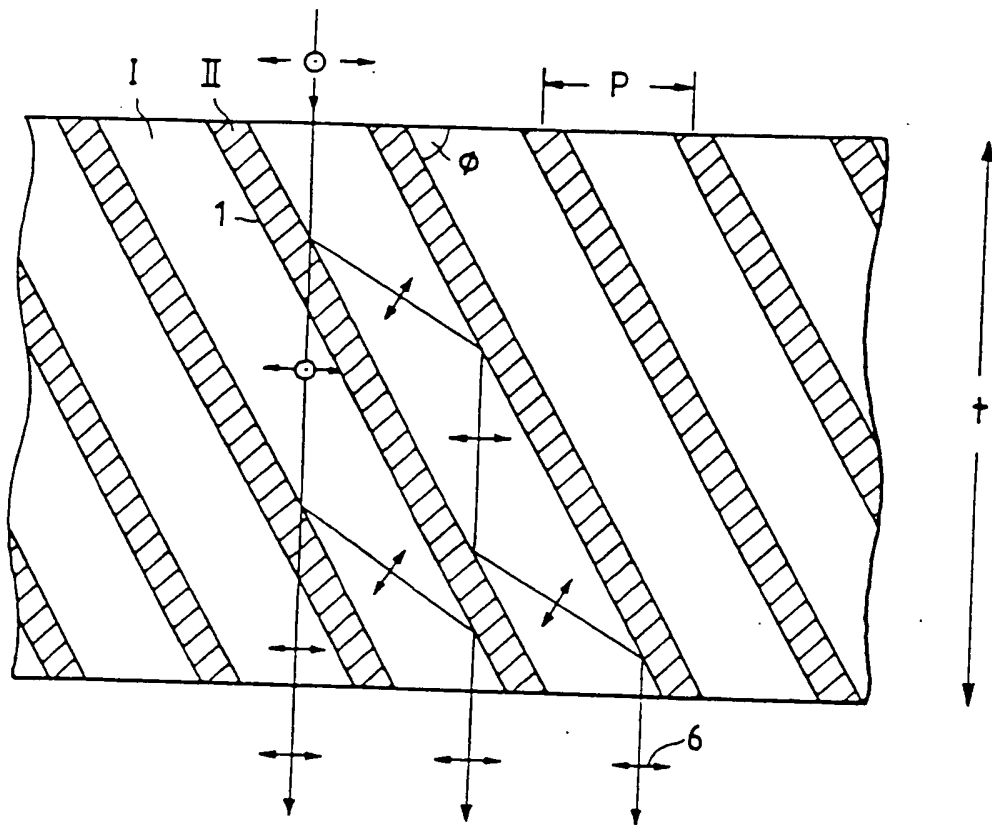


FIG. 5

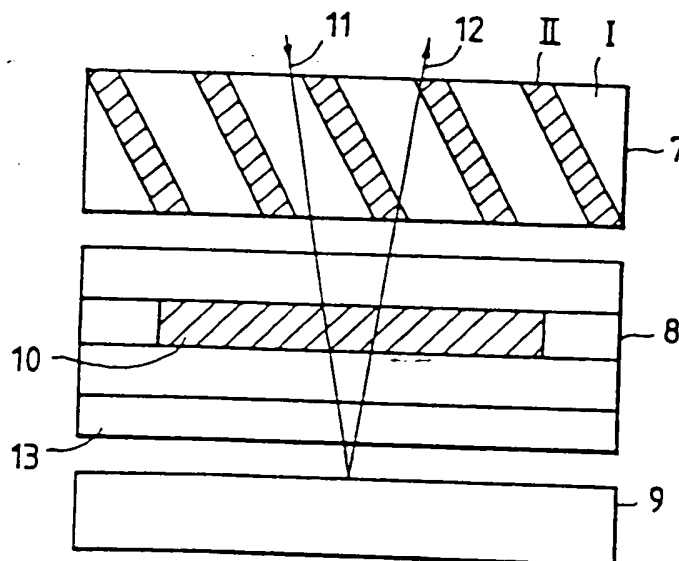


FIG. 6

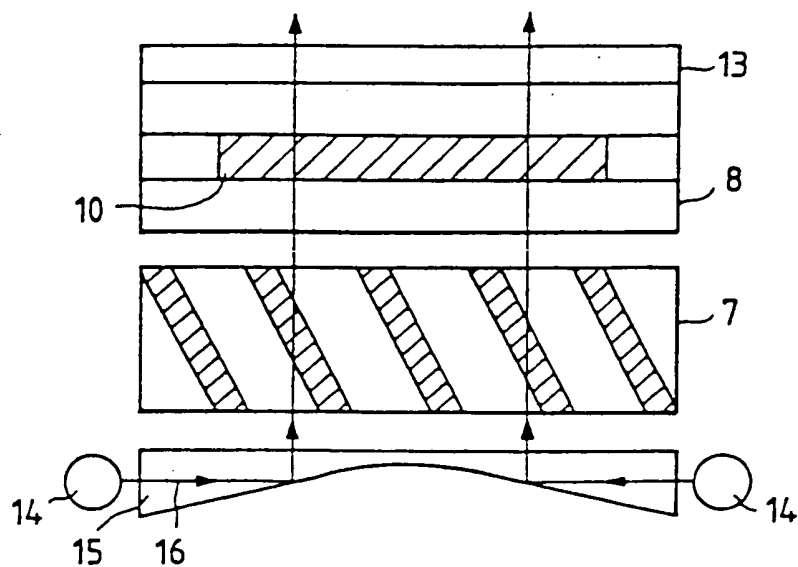


FIG. 7

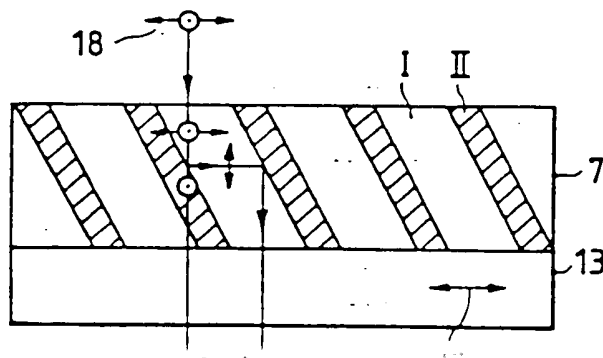


FIG. 8

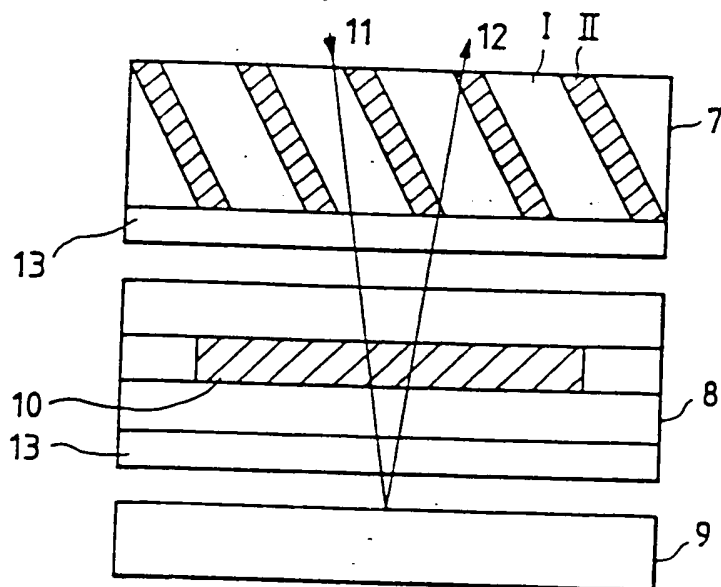


FIG. 9

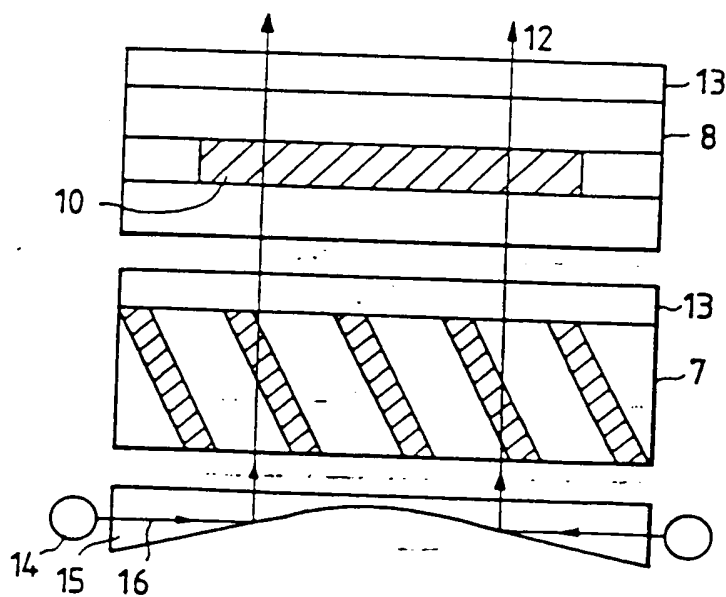


FIG. 10

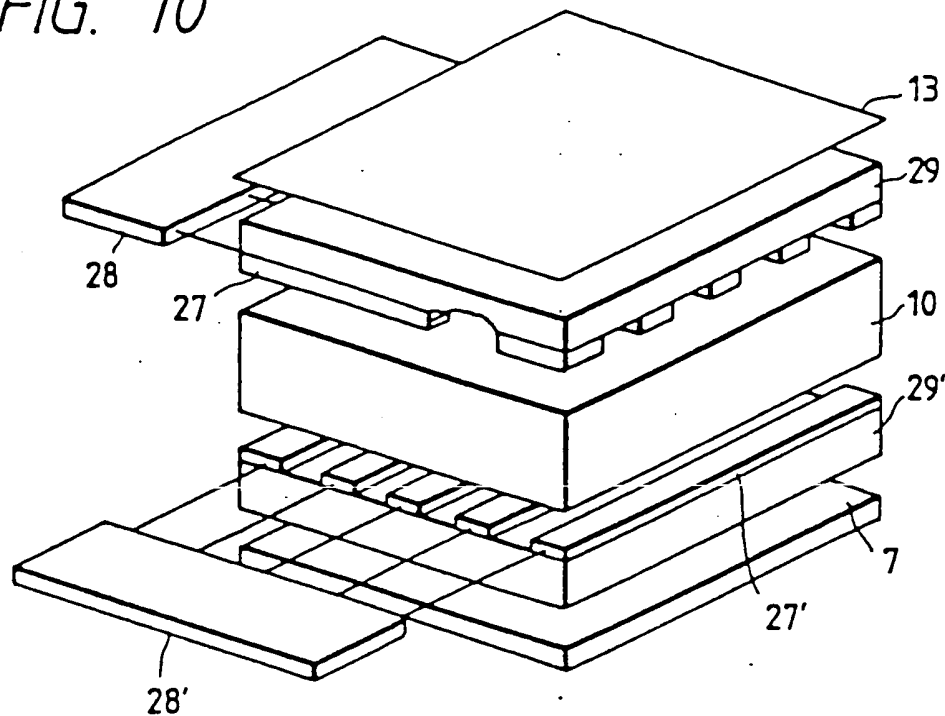


FIG. 11(a)

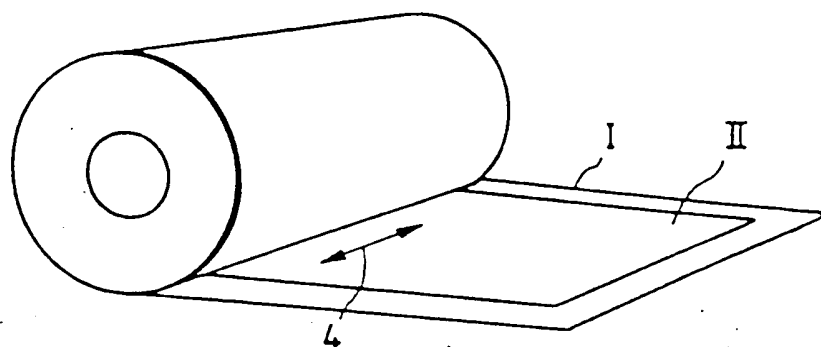


FIG. 11(b)

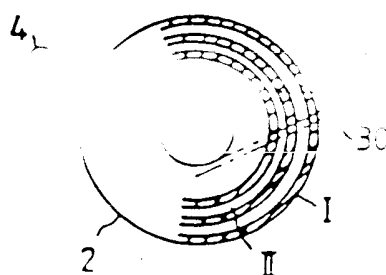


FIG. 12

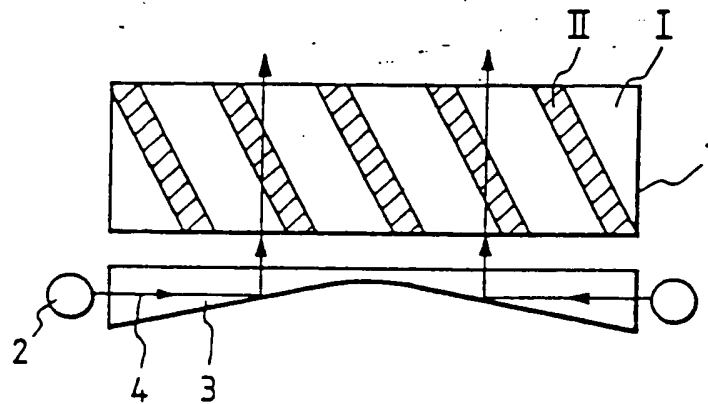


FIG. 13

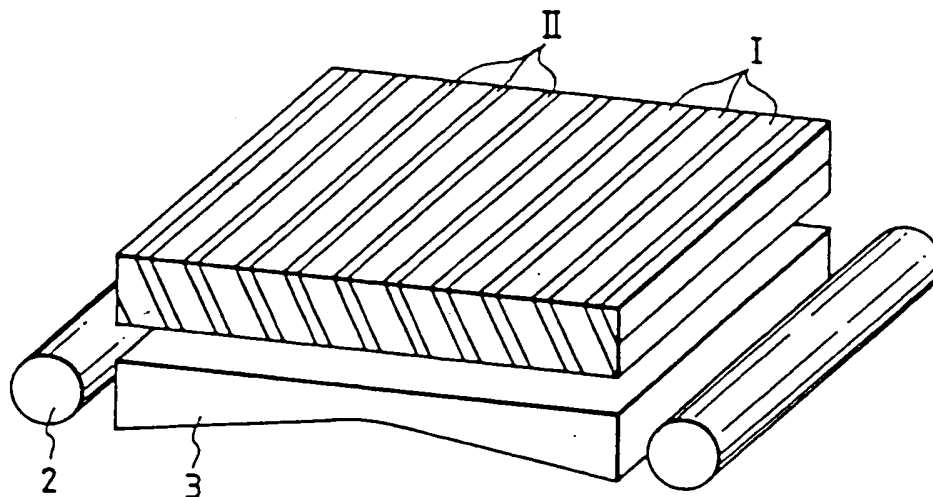


FIG. 14

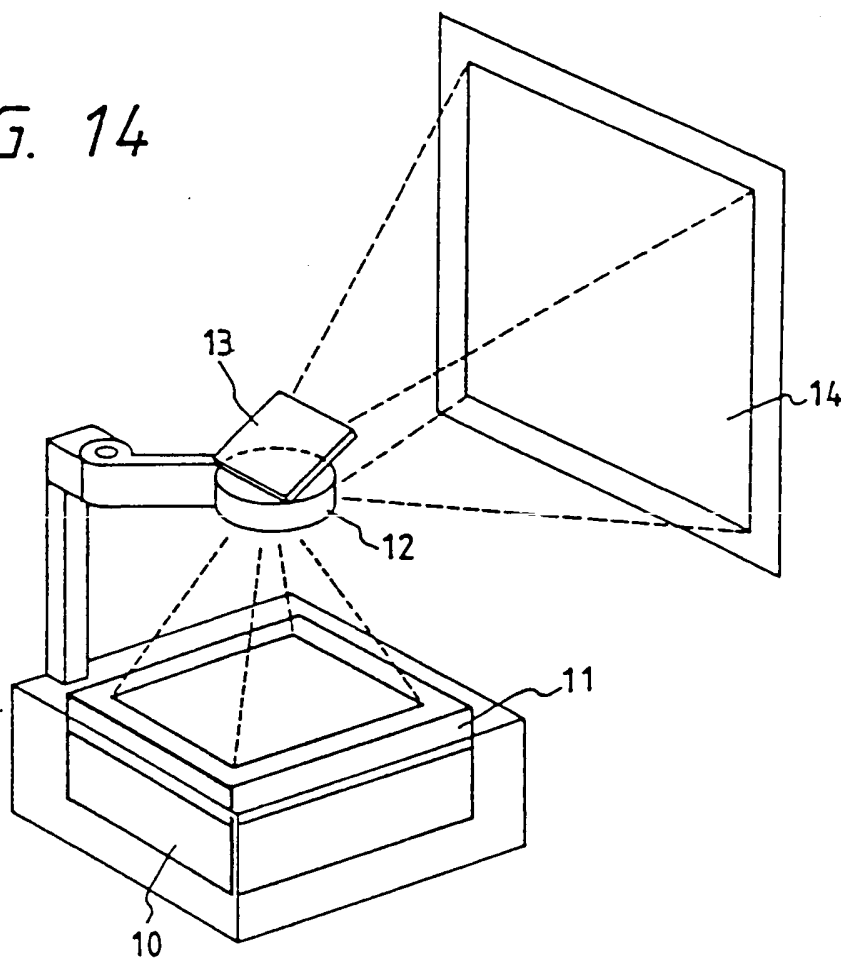


FIG. 15

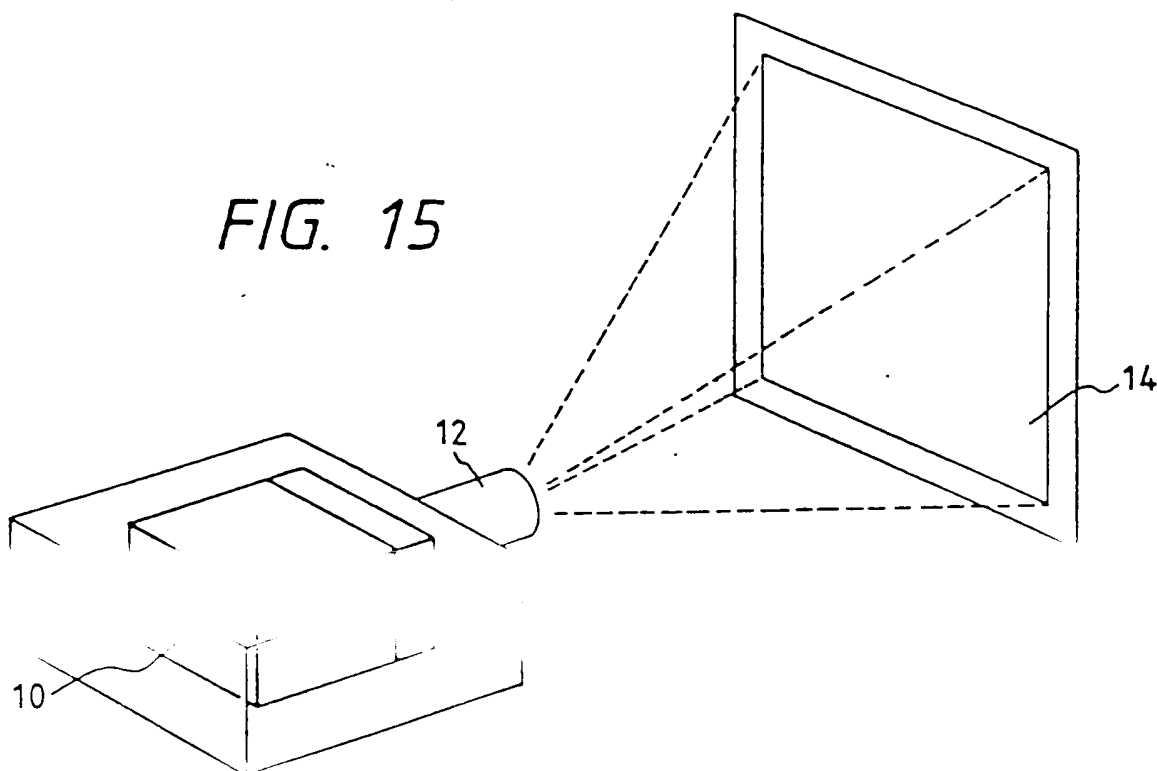


FIG. 1

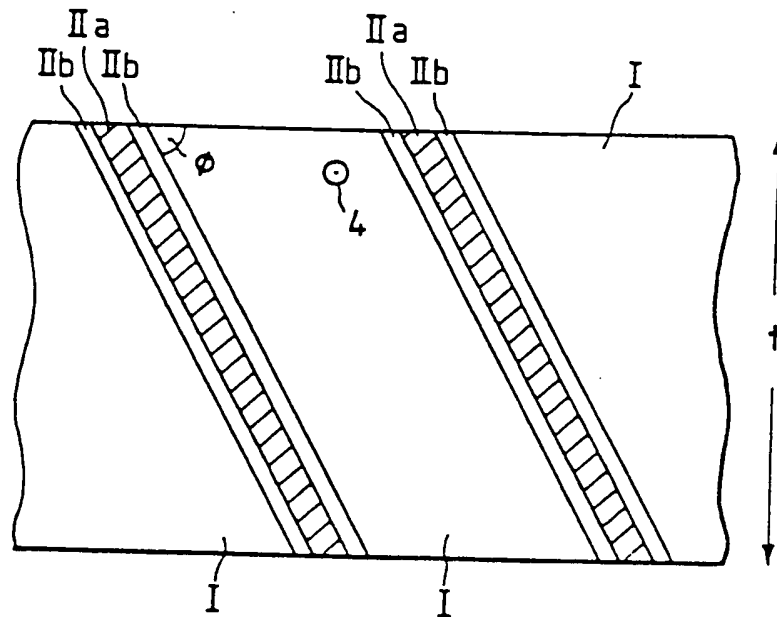


FIG. 2

